






المشروع القومي للترجمة

جامعة كل المعارف

إشراف : إيف ميشو

ما التكنولوچيا؟

الجزء الخامس

718

المركز الفرنسي للثقافة و التعاون

المشروع القومى للترجمة

جامعة كل المعارف

ما التكنولوجيا؟

(الجزء الخامس)

إشراف : إيف ميشو

ترجمة : محمد نايت الحاج
عبد الهادى إدريسى





٢٠٠٥

المشروع القومى للترجمة

إشراف: جابر عصفور

- العدد: ٧١٨
- جامعة كل المعارف (الجزء الخامس)
  ما التكنولوجيا؟
- إيف ميشو
- محمد نايت الحاج
- عبد الهادى إدريسى
- الطبعة الأولى ٢٠٠٥
- الغلاف إهداء من الفنان: فيليب آبلوا Philippe Apeloig

هذه ترجمة الجزء الخامس من موسوعة:
Université de tous les Savoirs
Sous la direction
d' Yves MICHAUD
الجزء الخامس بعنوان:
Qu'est-ce que les technologies ?
Volume 5
© Éditions ODILE JACOB, MARS 2001
Éditions ODILE JACOB

- تمت ترجمة هذا الكتاب ومراجعته بإشراف ودعم من سفارة فرنسا بالمغرب (مكتب الكتاب)
- تم نشر هذا الكتاب بالاشتراك مع المركز الفرنسى للثقافة والتعاون (قسم الترجمة) التابع لسفارة فرنسا بجمهورية مصر العربية فى إطار مشروع دعم النشر (طه حسين) التابع لوزارة الشئون الخارجية الفرنسية

شارع الجبلاية بالأوبرا - الجزيرة - القاهرة ت: ٧٣٥٢٣٩٦ فاكس: ٧٣٥٨٠٨٤
EL Gabalaya st. Opera House, El Gezira, Cairo
TEL: 7352396   Fax: 7358084

تهدف إصدارات المشروع القومى للترجمة إلى تقديم مختلف الاتجاهات والمذاهب الفكرية للقارئ العربى وتعريفه بها، والأفكار التى تتضمنها هى اجتهادات أصحابها فى ثقافـاتهم ولا تعبر بالضرورة عن رأى المجلس الأعلى للثقافة.

المحتويات

مقدمة المترجمَين

حمدا لله ذي الفضل والمنة

من الأكيد أن عنوان الكتاب الذي نحن بصدد التقديم لترجمته، يكفي وحده لإثارة قضايا متعددة في ذهن كل قارئ متمرس بإشكالات الترجمة ورهاناتها.

ذلك أن السؤال "ما التكنولوجيات؟"من شأنه أن يحيل مباشرة المهتمين بالموضوع إلى المد الحضاري الكوني الجارف – الذي طالت مفاهيمه كل مجال فأغرقته بسيل من المعلومات والمعطيات التي لم يسبق للفكر البشري أن رأى لها مثيل من ذي قبل – وما يستتبعه من صعوبات جمة، في العالم العربي على وجه التحديد، فيما يخص تدبير مسألة وضع المصطلح العلمي والتكنولوجي، ونقل المعلومات والمعطيات الجديدة وتعميم نشرها كما وكيفا، سعيا وراء اكتساب المعرفة والعلم والالتحاق بركب الحضارة الذي يتقدم اليوم حثيثا فلا ينتظر أحدا.

ولن نخوض في إشكالات متّبطة غالبا ما أدت إلى التنافس الأهوج بل التنافر بين المؤسسات والهيئات المختصة على صعيد العالم العربي، من مشارقية ومغاربية، كلما استدعى الأمر الحديث عن قضايا وضع المصطلح وتوحيده وتنميطه... لن نزيد الموضوع تعقيدا بإثارة صعوبات من هذا القبيل، بل سنترفع عن تلك الاعتبارات جميعها إذ لا طائل يرجى من ورائها، مستندين في ذلك إلى القول المأثور : "الحكمة ضالة المؤمن"، نأخذ بها حيثما وجدناها. ذلك أن اللغة هي أساسا أداة للتواصل والتبليغ والتفاهم. فالأجدر لدى نقل المعلومات والمضامين، قصد نشرها وتيسير الإفادة منها لأكبر عدد ممكن من القراء، اعتماد الحلول المبسطة، شائعة الاستعمال لدى فئات عريضة من المهتمين بالموضوع.

فالسياق الذي نعيش فيه، سياق العولمة والسرعة، يقتضي أن تتطور عملية الأخذ والعطاء في المجال الفكري والمعرفي، وأن تسري المعارف بين الناس في مشارق الأرض ومغاربها في سرعة لمح البصر.

ثم إن المضامين التي يحتويها الكتاب الذي أخذنا على عاتقنا مسؤولية ترجمته، متشعبة متنوعة لا يجمعها مجال فكري واحد ولا تنحصر في موضوع علمي أو تقني خاص بل تطال عددا كبيرا من المجالات الفكرية التي لا يربط بينها رابط : فمن رهانات التربية ومستقبل التكوين وتدريس العلوم، إلى التكنولوجيات، فالعهد الرقمي الجديد، فالإعلاميات وتقنيات الاتصال الحديثة، فالفضاء، فالطاقة، فالمواد الأولية، فالتلوث ومخاطره المحتملة، فالبطاريات والنابعات الكهربية، فالمحركات البيولوجية، فالطاقة النووية فالطاقات الأحفورية، فالمواد البيوكيمياوية فالمواد الأحيائية فالمواد الذكية، فالخلائط المعدنية، فالمواد المركبة حرارية البنية... وغيرها من المواضيع العلمية ذات الصلة المباشرة بحياة الإنسان اليومية، والتي لا يمكن أبدا لقارئ كان أن يحقق التخصص العميق الدقيق فيها بأجمعها مهما حاول ذلك.

لذا قصدنا عن وعي تام اختيار المصطلحات والتعابير التي لا تطرح إشكالات تحول دون الاستيعاب والفهم، مراعين في ذلك بطبيعة الحال الأمانة العلمية في النقل، ومتحرين التيسير في مقاربة المفاهيم في غير ما إخلال بالمضامين.[١]

ولتحقيق هذه الغايات، توسلنا باستثمار مختلف الأعمال الصادرة عن منظمات وهيئات وطنية وإقليمية وعربية تعنى كلها بالمصطلح والترجمة وقضايا نقل المعرفة والتكنولوجيا إلى اللغة العربية. ونذكر منها على سبيل المثال لا للحصر: منشورات مكتب تنسيق التعريب في الوطن العربي (الذي تشرف عليه المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم)، ومعهد الدراسات والأبحاث للتعريب، ومجمع اللغة العربية بالقاهرة، ومجمع اللغة العربية بدمشق...

كما استندنا إلى معاجم ثنائية اللغة أنجزت من قبل هيئات علمية متنوعة التخصصات، وكذا إلى معاجم ثنائية اللغة عامة.

---

(١) ملحوظة ليست للنشر : فيما تعلق بالمعادلات الكيميائية التي لسنا نملك التقنية الكافية لكتابتها بالحاسوب، فإننا اكتفينا في بعض الأحيان ببدئها، وفي أحيان أخرى بالإشارة إليها وإلى رقم الصفحة، معولين على الإخوة في مكتب القاهرة لكتابتها، علما أن هذه المعادلات لا تترجم إلى العربية، بل يُكتفى بنقلها كما هي.

ونذكر فيما يلي بعض هذه المراجع والمصادر :

ــ سلسلة المعاجم القطاعية الموحدة الصادرة عن المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ــ مكتب تنسيق التعريب، تونس.

ــ معجم أكاديميا للمصطلحات العلمية والتقنية، دار الكتاب العربي، بيروت، لبنان ١٩٩٣.

ــ معجم المصطلحات الفنية والعلمية والهندسية، لمؤلفه: إ.و.حداد. مكتبة لبنان ١٩٩٨.

ــ القاموس المحيط في علم الحياة والطبيعة والمحيط. لأحمد النابلي، دار المسيرة، لبنان، مؤسسة سعيدان؛ تونس ١٩٩٣.

ــ معجم مصطلحات الهندسة الكهربائية الشامل، للدكتور أسعد عبد المجيد الأوسي، مطبعة المتوسط. بيروت ١٩٨٧.

ــ قاموس المصطلحات المعلوماتية: إ.و.حداد مكتبة لبنان ١٩٨٩.

ــ الكامل الكبير: للدكتور يوسف محمد رضا ، مكتبة لبنان ناشرون،١٩٩٩.

ــ المنجد الفرنسي العربية دار المشرقة بيروت، لبنان، ١٩٧٢.

ــ معجم عبد النور، المفصل، دار العلم للملايين، بيروت لبنان، ٢٠٠١

ــ المنهل، سهيل إدريس و جبور عبد النور، دار العلم للملايين، بيروت، ٢٠٠٤

ــ السبيل، دانيال ريغ، مكتبة لاروس، باريس، ١٩٨٣

ونشير في الختام إلى أن المراجع التي توفرت لدينا لا تسعفنا أحيانا في إيجاد الحل السديد، فنضطر إلى اقتراح مصطلح أو تعبير نعتقد أنه يفي بالغرض المطلوب ويحترم المبادئ الأساس في اختيار المصطلحات العلمية ووضعها، من فصاحة ووضوح ودقة وما إلى ذلك من الشروط المتعارف عليها في المجال.

أملنا أن يسهم هذا العمل المتواضع في تقريب مضامين الكتاب من ذهن القارئ العربي الكريم.

والله ولي التوفيق.

المترجمان

توطئة

الإنسان والتقنية

الإنسان حيوانٌ مجبول على التقنية. وتلك ميزة ترقى به فوق مستوى الجبلّة الحيوانية، أو تجعل منه - إيجابا أو سلبا - حيوانا بشريا.

ومن الأكيد أن قدرته على بناء تمثلات ذهنية وعلى التواصل اللساني، وكذا على العيش في إطار اجتماعي، كلها سلوكات ترتبط ارتباطا وثيقا بقدرته التقنية تلك، وإن لم يكن من الواضح جدا الترتيب الذي ينبغي أن توضع عليه هذه العوامل التي تميز الكائن البشري بما هو إنسان، ولا ماهية دورها الحقيقي في عملية النمو والتطور.

وقد تجلت هذه المكانة المرموقة التي تحتلها التقنية في إضفاء خاصية الإنسان على الكائن البشري، تجلت واضحة منذ النصف الثاني من القرن الثامن عشر. وكان روسو (J.J.Rousseau) الرائد في هذا المجال كما في مجالات أخرى كثيرة. وبات من اللازم النظر إلى الإنسان بما هو كائن ينتمي إلى مملكة الحيوان متأصل فيها - وليس بصفته في مرتبة أرقى منها مبدئيا، وفق النظرة اللاهوتية أو الأنطولوجية- واعتبار نقط الائتلاف والاختلاف بينه وبين الحيوانات الأخرى.

فحيثما وُجدت أدوات، مهما تكن بدائية الصنع، فإن ذلك يكون علامة على وجود الكائن الإنساني. وأينما اكتُشفَت هنالك بقايا أجزاء من أدوات، فتلك إشارة إلى وجود موطن لبني الإنسان. وقد ظلت هذه النظرة إلى الإنسان العاقل بما هو إنسان صانع - حسب التعبير الذي صاغه Bergson عام ١٩٠٧، في مؤلفه "التطور المبدع" - ليس فحسب قائمة لم يقوضها انتقاد، بل سارية تتوطد تاريخيا حتى أضحت وحدها السائدة في المجال، بعد أن تجلت واضحةً الأهميةُ التي تكتسيها مختلف الثورات التقنية والتغييرات التي تنتج عنها في كل مناسبة، ابتداء

من ثورة المحرك والطاقة، إلى ثورة الإنسان الآلي، إلى الثورة الإعلامية، فثورة التكنولوجيا الأحيائية، وهي ثورة ما أصبح يصطلح على تسميته بالتكنولوجيات الحديثة. وهكذا فإن الانتصارات التي حققها الإنسان على الطبيعة وعلى الظواهر التي كانت حتمية، وكذا على السلوكات المتوحشة التي كانت سائدة، كل ذلك كان مرده إلى "ترويض الكون بواسطة التقنية"، على حد تعبير Heidegger.

وباعتبار التطور التقني الحديث، فإن إلقاء نظرة تأملية على عالم التقنيات هذه، من شأنه أن يكشف النقاب اليوم عن أنشطة وأشكال متنوعة جدا من التقنيات، ابتداء من تلك المترسخة جذورها في الماضي السحيق كتقنيات التغذية والبناء وممارسة السلطة، والحرب، إلى أخرى حديثة العهد، بل جديدة تمام الجدة، كآخر التقنيات في مجالات التنقل والصحة والتربية والتواصل والتدبير والإعلام ومحاربة التلوث وغيرها. وكيفما كان الحال، فإن التقنيات قديمة كانت أو حديثة، قد طالها المد المعرفي الباهر الذي اجتاح منذ قرن جميع الميادين، فلم تبق تقنية واحدة على حالها البدائي الأصل، إلا ما قد يكون من شأن تقنيات (إن لم تكن هي الأخرى تغيرت) من قبيل السحر والتنجيم، التي يرى بعضهم أنها هي أيضا "تقنيات" لكونها على شكل وصفات تتوارثها الأجيال، (على حد التفسير الذي يقدمه Marcel Mauss، عندما يتحدث عن السحر بما هو تقنية) وإن كانت لا تحقق نتائج تذكر.

وبفعل الترتيب المعتمد في بناء سلسلة المحاضرات التي تنظمها "جامعة أم المعارف"، فإن عددا من هذه التقنيات سبق دراستها في الأجزاء الأخرى من هذا الكتاب. فالمحاضرات التي تناولت موضوع الإنسان والحياة (الجزآن ١ و ٢) قد تطرقت بطريقة مباشرة أو غير مباشرة إلى التكنولوجيات الأحيائية سواء كانت هذه الأخيرة في موضوع الفرد أو النوع، تناولت تحليل السمات الوراثية أو علم الأمراض الجماعية أو الفردية، أو كانت على شكل دراسات حول سياسات السكان والصحة، أو تهتم بموضوع التغذية. كما أن الجزء الثالث من الكتاب، وهو الجزء المخصص لموضوع المجتمع، قد تطرق لمواضيع السكن والتنقلات والاقتصاد وكل التقنيات الاجتماعية التي تمر عبر إنتاج مختلف الرموز والضوابط.

لذا فإن هذا الجزء الخامس لا يعدو كونه تتمة للنظرة الشاملة التـــي ابتـــدأت فصولها في الأجزاء السابقة، غير أنه يتابع المشوار بكيفية خاصة، لكونه، خلافـــا لما سبق، يتطرق إلى التقنيات "من أجل التقنيات ذاتها"، ولكونه من جهـــة أخـــرى يتناولها من منظور آخر التطورات في المجال، بل من منظور التطورات الممكـــن استشرافها، ومن ثم جاء عنوان هذا الجزء: "ما التكنولوجيات؟"

بيد أن الانتصار الذي أحرزته فكرة تَمَثُّلِ الإنسان بما هو حيوان جُبل علـــى التقنية، تولدت عنه نتيجة سيئة، إذ جعل مفهوم التقنية يتسم بالضبابية كلمـــا زادت رقعته اتساعا، حيث آل المفهوم في نهاية المطاف إلى جراب تقحم فيه كل أشـــكال العمليات الرامية إلى تحقيق مختلف النتائج، وفق وصفات محددة (ومن ثم جـــاءت الفكرة الغريبة القاضية بإدراج الأعمال السحرية والممارسات الدينية هي أيضا في إطار "التقنيات"). وبهذا الصدد فقد أضحت كل محاولة تربط بين الوسيلة والغايـــة وفق وصفات معينة وأساليب محددة، تنزع إلى أن تكون حالة تقنية، فصار المفهوم في نهاية الأمر يعني كل عملية تتوسل بأدوات لبلوغ أهداف معينة. والفكرة ليســـت قطعا خاطئة. لكن ذلك لا يجدي كثيرا في تعريف"الإنسان الصانع" بكونه الإنســـان الذي يلجأ إلى توظيف أدوات ووسائل وفق تنظيم معين.

وتفاديا للسقوط في مثل هذا الانحراف تعميما أو تضـــمينا، فـــإن مجمـــوع المحاضرات – وعددها سبع وخمسون – التي يحتويها هذا الجزء الخـــامس مـــن الكتاب، تتوخى البحث في حقول وعمليات تقنية محددة تحديدا واضحا معترف لهـــا تقليديا بذلك وهي: التربية ومعالجة المعلومات، وإنتاج الطاقة أو الســـيطرة علـــى الفضاء، والأسلحة، والمواد الأولية، وأخيرا الآثار الناجمة عن التطور التقني مـــن تلوث ومخاطر. ونشدد مرة أخرى على أن هذا التحديد لا يعني نفي الأهمية البالغة التي تكتسيها التقنيات الطبية والغذائية والقانونيـــة والسياســـية والديمغرافيـــة، بـــل يستهدف التفرغ أساسا للحقل التقني المحض، حقل الآلات والمواد الأولية.

ويتعلق الأمر علاوة على ذلك بالتوجه قصدا نحو استقصاء وضعية الفنون واستشراف الآفاق الواعدة، إنْ لبناء ارتسامات تصورية معقولة، أو عرض التعثرات بتواضع، والتلطيف من حدة مضاربات النظريات الجزافية. وبالفعل فإننا سنلاحظ أن الوضعيات تختلف كثيرا حسب الحالات: فبقدر ما تتكون لدينا أفكار معقولة حول التطورات المستقبلية فيما يخص المواد الأولية، لأننا نعرف تدريجيا وبصفة أفضل ظروف إنتاجها العلمية، تبدو في الوقت نفسه ارتساماتنا حول مستقبل الطاقات أو الإنترنيت مثلا، هشة. وذلك إما نظرا لطبيعة العوامل الفاعلة (خصوصا منها العوامل البشرية) أو لطبيعة المجال الذي مازال فتيا حديث العهد، والطابع غير المستقر الذي تتسم به التكنولوجيا المتحكّمة فيه.

وأصل في نهاية المطاف إلى استعراض مختلف الميادين وإبداء بعض الملاحظات الكفيلة بتحديد الرهانات وأحيانا بتبيُّن حدود البحث والاستقصاء.

التربية

فيما يخص التربية - التي لا جدال في طابع التقنية الذي يطبعها، ليس في ما يتعلق بنقل المعارف فحسب، بل وكذا أيضا فيما يخص كل الممارسات والأنماط التي تستلزمها الحياة في إطار المجموعات البشرية - فقد ارتأيت أن تناقَش القضايا بقدر كبير من التأني وبعد النظر في التقدير، تفاديا للأحكام الضيقة والجدل العقيم الذي ما إن يثار حتى يبدو متجاوَزا. لذلك فلن نشير هنا في شيء إلى الدراسات الأدبية القديمة ولا إلى أزماتها (حيث إن الموضوع مدرج بإسهاب في الجزء السادس المخصص للحديث عن الثقافة)، ولا إلى الأمية في مجال الإعلاميات، وهو موضوع ذو أهمية بالغة، بل ربما قد يكون هو الموضوع الأساس، لكن يبقى الحديث عنه اليوم مجرد آراء لا تتعدى الاحتمال والمجاملة، إن لم تكن فقط تطلعات تستند إلى أهداف تروم ولوج الأسواق. كما أننا لن نشير في شيء إلى ظاهرة العنف في المدرسة؛ ذلك أن القضايا هذه موضوع الساعة، والتي تكتسي أهمية بالغة،

عُرضت بطريقة غير مباشرة عند تحليل موضوع الأمية بما هـي عنصر إقصاء اجتماعي، أو عند التطرق إلى ما يمكن اعتباره القضية المحور والأساس في كل عملية تربوية، والتي يمكن إيجازها في ما يلي: كيف يمكن تبليغ شيء ما إلى ذهن من يجهل حتى وجود الشيء المراد تبليغه له، أو يرفض حتى مجرد الحديث فيه؟

تحفُّظ آخر تجاه النقاشات ذات الطابع القومي بل المحلي المفرط في محليته، وذلك أن مقاربة مسألة التربية باعتبار التكاليف المالية والميزانيات المصروفة يكشف النقاب عن التباين وعدم التساوي في مجال التربية على مستوى الكرة الأرضية، وذلك ليس فحسب بين الطبقات، الموسرة منها والقرفة، في المجتمعات الغنية.

العهد الرقمي الجديد

كان من المفروض مقاربة مجال الإعلاميات ومعالجة المعطيات الرقمية مقاربة مطوّلة. وإن كنا قد ولجنا منذ الخمسينات مرحلة جديدة من التطور التكنولوجي، فذلك لأننا دخلنا عهد الإعلام بعد زمن الآلة البخارية والمحرك الانفجاري والكهرباء. ومن ثم يحتوي الكتاب على سلسلتين من النصوص، خصصت إحداهما للآلات الإعلامية والربط الاتصالي والبرامج – بنية الحاسوب، الذاكرات، الشبكات، المواصلات ذات الوتيرة العالية، البرامج واللغات وغير ذلك – وتهتم الأخرى بمجتمع العهد الرقمي – أنترنيت، الأمن الإعلامي، التجارة الإلكترونية، مخاطر تهدد الحياة الخاصة، قضايا التواصل القانونية وما إلى ذلك – وتتباين الدروس المستخلصة من هذه الإسهامات أشد تباين. فنحن، لا نقاش في ذلك، أمام تحول مهول يحدث فيما نحن عنه غافلون لا نقف تجاهه أي وقفة تأملية تمكننا من تقدير آثاره المحتملة. إن العهد الرقمي الجديد قد حط الرحال بكل تأكيد بين أظهرنا. وفي الوقت نفسه، فإن الآفاق المستقبلية غالبا ما تبدو غامضة مبهمة كما أن الأوضاع تتسم بعدم الاستقرار. وكما تبين ذلك تقلبات "الاقتصاد الجديد" المتسارعة،

فإن الأمور يمكن أن تنقلب بسرعة فائقة رأسا على عقب. فلا أحد يعرف ما سيؤول إليه حال الأنترنيت في السنوات الخمس أو العشر القادمة، ولا أحد يستطيع القول إن كانت هذه الظاهرة سوف تستخدم في التجارة أو في أي شيء آخر، ولا أحد يمكنه التأكيد أنها ستكون عاملا لتحقيق الحرية ولممارسة الحراسة الشاملة، ولا أحد يمكنه القول إن كانت ستمثل مجالا للإنتاج الفني الجديد أم لا، ولا أحد يمكنه أن يتكهن بالطريقة التي سيجري بها توثيقها ولا حتى إذا كان من الوارد أن يجرى هذا التوثيق. ومن المهم كذلك إدراك أن انعدام اليقين في كل ذلك مرده ليس فحسب إلى العوامل التكنولوجية، بل أيضا وأكثر إلى موازين القوى، أي إلى سلوكات مختلف الفاعلين المتضاربة أو المتوافقة، علما أننا جميعا ننتمي إلى هؤلاء الفاعلين.

الفضاء

يأتي الفضاء وقضايا الدفاع (والهجوم) بين المواضيع الأخرى التي يتطرق إليها هذا العرض المتنوع.

وباستثناء المختصين، فليس هناك مواطن – وإن اعتَبر الموضوع ببعد نظر – يقبل اليوم الاعتراف بأهمية القضايا العسكرية وتأثيرها على ميادين متعددة من الحياة الاجتماعية.

وإذ لم يعد من الممكن الحديث – إلا في حالات استثنائية لا تزال ذات وزن (كما هو حال الصين وكوريا الشمالية مثلا) – عن مجتمعات عسكرية، فإن قضايا التسلح والوسائل العسكرية تلقي في كل البلدان بثقلها البالغ على سير أعمال البحث العلمي والتطبيقي وكذا على الاقتصاد، لكونها تؤثر بحدة في توجيه الاستثمارات. ومن المؤكد أن هذا المجال – إضافة إلى الصحة ووسائل الترفيه – هو أحد المجالات التي تطورت إلى حد بعيد وسائلها وتطبيقاتها وأنماط تسييرها، وذلك بفعل استعمال التقنية والآلية والترميز، والتدبير المعلومياتي ومعالجة المعلومات والإشارات. وأصبح العسكريون مهندسين وتقنيين، فلم تعد لديهم أية رغبة في

الموت موتة الأبطال. وإذا كان العنف العسكري خلال القرن التاسع عشر يستند إلى الصناعة، فإنه في القرن العشرين بات يعتمد سبيل التقنية. فالملاحظة والذكاء والتدريب والتكوين والتواصل والتجسس وتسيير العمليات وتقييم النتائج، كلها أمور أضحت تتوقف على الآلات، وخصوصا منها الآلات الرقمية. وأمسَى الذكاء الرقمي يؤدي دورا أساسا في كل عملية. فكان لابد من مقاربة هذه الوضعية الجديدة وإن كان التفكير السياسي في موضوعها من صميم مرحلة أخرى من مراحل التحليل تستلزم مقاربات أخرى.

ينبغي أن يحتل موضوع الفضاء مكانة خاصة في هذه الانشغالات. فالعولمة تعني أول ما تعني امتداد الأنشطة لتشمل الكرة الأرضية بأكملها، أي ارتباطا شاملا بالعلم والأحداث. ومن وجهة النظر العسكرية فإن ذلك يستلزم القدرة على التدخل "الشامل" بسرعة وفعالية، كما يقتضي قبل ذلك القدرة على إعمال النظر واستيعاب المعلومات والتقاطها من جميع أركان العالم، دون إغفال كون ممارسة السلطة والنفوذ تمر هي أيضا عبر البعد الشامل المتمثل في نشر المعلومات وبثها. ومن ثم الأهمية التي تكتسيها شبكات الأقمار الاصطناعية سواء لمراقبة الأنشطة العسكرية أو التقاط المكالمات التواصلية أو صد الأسلحة الباليستية أو نشر برامج إعلامية أو ترفيهية.

ويمثل الفضاء على صعيد آخر رهانا شاسعا بما هو مجال للرحلات الاستكشافية التي تقوم بها السفن الفضائية وفرق البحث والملاحظة. وقد بين الجزء الرابع المعنون "ما الكون؟" بوضوح كيف أن علوم الكون والفيزياء الفلكية قد شهدت تغيرا عميقا بفعل تطور البعثات الفضائية والاستكشافية استنادا إلى وسائل وآليات وضعت في المدارات الفلكية.

الطاقة

بالحديث عن الطاقة، نلج في ميادين تواجه فيها العوامل التقنية مباشرة الرهانات المجتمعية؛ وإننا، خلاف ما يجري في الشؤون العسكرية، واعون بذلك

وعيا لا يني يزداد. فنحن نستهلك كميات من الطاقة يكبر حجمها يوما عن يوم. كما أن أعدادا من البشر تنمُو عبر العالم باطّراد، تطمح إلى استهلاك كمية من الحجم ذاته حتى يتأتى لها أن ترقى بدورها إلى مستوى النمو، سواء أتعلق الأمر بمجال النقل أم بتكييف الهواء أم بإنتاج مختلف المواد والأغذية.

ومما يدعو للأسف أن الأمور لا تبدو فحسب غامضة مبهمة، بل إنها لا تنصاع كثيرا لأية مقاربة عقلانية. وسيجد القراء هنا إيضاحات وافية حول البطاريات وحول ما يحتمل أن تكون عليه مستقبلا العربات الكهربائية، وحول الطاقة النووية، والطاقة الأحفورية، لكنهم سوف يكتشفون بسرعة أن مسألة الطاقة تطرح في سياق يتسم بكون القرارات السياسية والاختيارات الاجتماعية والمفاوضات الدولية هي التي تتحكم بشكل حاسم في عرض الإشكالات وتحديد آفاق الحلول. فبعد القيام بالتقديرات – على المديين المتوسط والبعيد – فيما يخص الموارد المحتملة من الطاقات الأحفورية والطاقات الطبيعية المتجددة، وكذا فيما يخص مخاطر الطاقة النووية والإمكانات التي توفرها، يبقى أن تضبط هذه المعطيات وفق "المبتغى"، أي وفق نوعية الحياة المرغوب فيها والصورة التي يراد أن تكون عليها الأرض، إنْ محترمة أو مخربة، وما تمليه الواجبات الأخلاقية تجاه الأجيال القادمة وما قد يحلو لهذه الأخيرة أن تكون عليه.

ومن المؤكد أن المعرفة التقنية لا تقدم أية حلول يمكن تطبيقها مباشرة على هذه القضايا. فالتكنولوجيات تجعل رهن إشاراتنا الوسائل – ومن بينها وسائل الدمار – ولكن، يبقى أن نعرف بوضوح ما نريده. وضمير الفاعل هنا يعود في الوقت ذاته على "الآخرين" كما يعود علينا "نحن".

المواد الأولية

ارتأيت أن تُفرد مكانة هامة للمواد الأولية، القديم منها والجديد، أي المواد القديمة التي تجددت بكيفية هائلة بفعل العلم الحديث، كالزجاج والخرسانة والسبائك المعدنية والمنسوجات والخشب، والمواد الجديدة كالمركبات والأجهزة الذكية،

والمواد الأحيائية والمواد المتماثرة المطاطية والأنابيب متناهية الدقة... وبطبيعة الحال فإن الأهمية التي تكتسيها مختلف أنواع المواد ترتبط بالمكانة التي تحتلها في حياتنا اليومية. ولنستشهد بالحضور الدائم للخرسانة في عمليات البناء ومختلف استعمالات الزجاج والمتماثرات المطاطية والمتخثرات، وبإمكانات الاستعمال الجديدة التي يتيحها الخشب، والآفاق العجيبة في مجال النسيج الاصطناعي.

بيد أن أهمية المواد الأولية لا تقتصر على الجانب التطبيقي الاستعمالي فحسب، بل تطال أيضا الجانب النظري. وسنرى أن المعارف المتعلقة بها والتي ظلت لمدة طويلة لا تتعدى المستوى التجَرُّبي - أو لا تتجاوزه إلا بقليل - هي اليوم موضوع بلورة علمية تستقطب معارف فروع متعددة من العلوم الفيزيائية والكيميائية، وأحدث ما وصلت إليه المعطيات الرياضية، وأدق التعليمات الحسابية والترميزية التي تحققها الحواسيب. وهكذا فإن علم المواد الأولية يبدو اليوم علما قائما بذاته، يصل أحيانا حد القيام بمهمة كشف خبايا اشتغال المصنع الطبيعي النابض بالحياة. فليس المأمول إذن هو الاحتفاء بنجاح زائف مصطنع أو بتنصيب نزعة مادية جديدة ضبابية، بل استيعاب مدى القدرات غير المسبوقة المتاحة لتعديل وكذا تحويل أو إغناء المواد التي أضحت خاصياتها تعرف بشكل يزيد دقة يوما عن يوم، مما يجعل التحكم فيها أدق وأحكم.

التلوث والمخاطر المحتملة

ونختم هذه الإطلالة بإلقاء نظرة على التلوث والمخاطر المحتملة.

لقد سبق أن أثيرت مسألة المخاطر لدى الحديث عن الآثار التي تتعرض لها الحياة فوق الأرض، وعن التغذية (الجزآن ١ و ٢)، كما أثيرت مسألة التلوث عند التطرق إلى الاقتصاد والزراعة. وتأتي هذه القضايا هنا ليس فحسب في معرض الحديث عن الآثار التي تهدد بها الإنسانية ذاتها، بل وأيضا بخصوص النتائج الوخيمة التي تقوّض بها الأنشطة البشرية التوازن الطبيعي، سواء فيما يخص المياه أو التربة أو الهواء أو النفايات أو أشكال الضجيج.

فالنشاط البشري، أكان إنتاجيا أم كان مرتبطا بمجرد وجود أعـداد ضـخمة من السكان، أم بالتنقل في شكل مجموعات أم باللهو والتسلي في إطار واسع يضـم الملايين من البشر، كل ذلك يولّد الأضرار والنفايات والتلوث. وما كان الأمر هنـا أيضا ليعني الجزم والفصل، بل تبيُّنَ مدى الأخطار وتنوعها، وكذا التساؤل حـول مدى الوعي بهذه الأخطار والمفاهيم التي صيغت لاسـتيعابها وتصـور الحلـول الملائمة لها. ومن ثم جاءت هذه الإسهامات التي تتطرق للمخاطر وتقـدر مـداها وتعرض لمبدإ الوقاية والاحتراس والتنمية المستديمة.

خاتمة

وهكذا إذن تتقدم بنا نصوص هذا الجزء تدريجيا نحو تمثل وضعية المجتمعـات المعاصرة تمثلا عاما وتَبيُّنِ وعيها بالتحديات والرهانات التـي تواجههـا. وإذا كـان الجزء الثالث من "جامعة أم المعارف" يطرح السؤال حول طبيعة المجتمع من وجهـة نظر عامة ومجردة، فإننا هنا اقتربنا من المرحلة النهائية في مسار تشخيصي ملمـوس حول وضعية العالم والثقافة، كما سيكون مدرجا عليه في الجزء السادس.

وختاما، فإن في النفس حسرتين، إذ إن هذا الجزء يفتقر إلى أمرين على أقل تقدير: درس حول المهندس ومفهوم الهندسة، وآخر حول مفهوم الآلة.

فكل الطرق والأساليب التي جرى تحديدها حول هذه الدروس تستلزم بداهةَ هندسة تكون فنا أو علما تستند إليه في إرساء قواعدها وتنسيق أساليبها. كما يُلجـأ باستمرار من جهة أخرى إلى أجهزة ولوازم من عالم الآلات. وبذلك تكون الهندسة والآلة إذن هما المفهومان اللذان يظلان ملازمين لهذه التطورات. ولربما أصـبحا ويا للأسف بالغي التعقيد والتنوع في عصر التكنولوجيا المتقدمة، إلى حـد يجعلنـا نحوم حولهما لا يسعنا سوى أن نستدل بأمثلة عنهما.

Yves Michaud ٢٩ يناير ٢٠٠١

الباب الأول

رهانات التربية ومستقبل التكوين

اكتساب المعرفة: الثابت والمتحول[1]

بقلم بيير كاسبار
Pierre CASPAR

سأبدأ حديثي بجولة سريعة عبر مختلف مواقع المعرفة، ثم أُخضع للتفكير الوظائف التي يمكن لكل واحد من هذه المراكز الاضطلاع بها، قبل التساؤل عما تحدثه بعض التحولات الراهنة من تغييرات في تلك الوظائف وما يترتب على ذلك من آثار عديدة على مفهوم تكوين البالغين نفسه. وختاما سأعود للنظر في مجتمع المعرفة وأنواره وسَحَرَتِه.

مواقع المعرفة والقائمون عليها

أتت على البشرية قرون طويلة كان اكتساب العلم خلالها رهينا بحق طالبه في ذلك الاكتساب وبقدرته على الوصول إلى مواقع المعرفة. وكانت هذه المواقع أكثر من مجرد مصادر للمعلومات، إذ كانت عبارة عن أماكن وتجمعات بشرية يجري فيها تجميع المعرفة وحفظها والعناية بها ودراستها وتأويلها ونشرها وإضفاء الشرعية عليها والحرص في غالب الأحوال على كتمانها، ولو عملا بمبدأ تَجَنُّب إلقاء الدر في أفواه الخنازير...

ما من زمن ولا من حضارة إلا كان فيهما وجود لموقع من مواقع المعرفة هذه التي اتخذت على مر الزمن أشكالا متعددة غالبا ما تكون متكاملة فيما بينها.

فالمعابد والكنائس والأديرة جميعا - أيا كانت طبيعة الإله الذي يعبد فيها والمبدأ الذي قامت على أساسه، وأيا كانت الطائفة أو الفرقة الدينية أو الروحية أو الفكرية التي تندرج في إطارها - هي كلها مواقع للمعرفة لا يجادل في كونها كذلك أحد.

---

(١) نص المحاضرة رقم ٢٤١ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٨ أغسطس ٢٠٠٠.

أما كبريات المكتبات، فقد ضمت فوق رفوفها على مر الزمن ألواحا من الطين ولفافات من ورق البردي وجلودا مخطوطة وأحجارا منقوشة وقراطيس مختومة، قبل أن يحل الكتاب محل ذلك كله جميعا.

وأما المدارس والجامعات وما إليها من صوامع البحث العلمي ومختبراته، فطالما كانت هي أيضا تابعة ومكملة لما ذكرنا من المؤسسات.

غير أن هناك أماكن أخرى أقل شيوعا وشهرة، قد اضطلعت بدور لا يستهان به في تمتين الأواصر بين الإنسان وبين المعارف المختلفة والحضارات حاملةِ تلك المعارف. قُل ذلك في المؤسسات العمومية القائمة على حفظ التراث، وقل مثله في المعارض المتخصصة في العلوم الفيزيائية وتلك التي تُطلِع زائرها على غرائب الطبيعة أو تعرض له ثمار البحث في مجال الميكانيكا وغيرها من علوم الحيل. ولنذكر على سبيل المثال معرض قصر Ambray في النمسا، الذي كان يضم إبان عصر النهضة عددا كبيرا من التحف النادرة أو الغريبة العجيبة، يقدم كلٌ منها شهادةً ناطقة عن تصورٍ معين عن العالم. وأما عاصمة الأنوار باريس فقد ضمت بين جوانحها على مر الزمن مناهل للمعرفة عديدة نذكر منها مثالا لا حصرا معرض Bonnier de la Mosson في ساحة Vendôme، بقاعاته الثماني ومكتبته "الكونية" مترامية الأطراف، وكذا مجموعة التحف النادرة والنماذج والنسخ التي جمعها Vaucanson في قصر Mortagne، وهي جميعا وغيرها أماكنُ يرتادها المرء للتمتع برؤية عجائبها أكثر مما يرتادها للتعلم، احتضنتها متاحف وطنية فجددتها وزادتها إلى غناها غنى.

وهناك مواقع أخرى للمعرفة قلما يأبه المرء لها، على رأسها البلاطات الملكية، وبخاصة تلك التي اجتمعت حول ملوك مستنيرين من أمثال كاترينا ملكة السويد وفريديريك ملك بروسيا والملك أكبر ملك الهند، ابن همايون وسليل تيمورلنك، الذي جمع في حريمه في "فاتبور سيكري" بين حضارات القرن السابع عشر وثقافاته وتقاليده جميًعا.

لكن هل يجوز أن نتحدث هكذا عن المؤسسات دون الحديث عن أولئك الذين خلقوها والذين بثوا فيها الروح بكل ما تحمله الكلمة من معنى؟ وهل يجوز أن نتجاهل الآلاف من الأشخاص المنعزلين المتواضعين الذين إن عاشوا وماتوا في صمت، فإن فكرهم وطريقتهم في العيش وفي التصرف قد أنارت السبل أمام من عاصروهم أو من جاءوا بعدهم بفترة أو بزمن؟ يقال إن كل شيخ مسن يموت مكتبةٌ تحترق، وما أبلغ اليابانيين في اختيار التسمية حين يدعون مثل هؤلاء الأشخاص البسطاء والاستثنائيين في آنٍ باسم الكنوز الحية.

مواقع المعرفة وأهلها وما يضطلعون به من وظائف داخل مجتمع من المجتمعات

سواء أقامت أماكن المعرفة وأقام أهلها في حاضرة من الناس أم قامت وأقاموا في معزل عنهم، وسواء أكانت تلك الأماكن ومن فيها قريبة دانية يغشاها العامة من الخلق أم نأت وأوغلت فلا يرتادها إلا الخاصة، فإنها قد اضطلعت على مر العصور بوظائف متعددة في نقل التراث الإنساني من جيل إلى جيل، فأتاحت تحقيق ما يحمله ذلك التراث من رسالات، كما مكنت من تغيير ما لزم تغييره منه وإحداث قطيعة مع ما وجبت القطيعة معه.

وتتمثل إحدى أهم تلك الوظائف في القيام بدور الشاهد على أصول العلوم ودور مبلِّغها إلى الناس، مما يمثل إسهاما لا ينكر في إرساء أسس المجتمع، أيا كان هذا المجتمع، فيما يخص علاقته بالحقيقة والحياة والموت والإيمان والعقل وما سما عن الإنسان وجَلَّ شأنا. وتلك كلها، بما تتضمنه من معارف وما تمتطيه من أعراف وتقاليد، عناصر تغذي جذور الحضارات جميعا في كل زمن وكل مكان، وعوامل كان لها في أنساقنا التربوية أبلغ الأثر وأبعده.

فعملية ابتكار المعارف ليست إلا وسيلة جديدة وطريقة مستحدثة لفهم العالم والإجابة الآنية على ما يطرحه الزمن من قضايا. كذلك يفعل – في وحدة الصوامع

أو في زحمة المعاهد – أناس يدفعهم حب الاستطلاع الذي يسكنهم إلى توسيع آفاق فهمهم للعالم أو الكائنات أو الأشياء التي تعمره. هؤلاء في عرفنا وعرف الناس علماء أو باحثون أو مستكشفون أو حتى عرافون، لكنهم في الواقع يمثلون جميعا صلة وصل بين المعلوم والمجهول، بين المنظور والمُغَيب.

أما الوظيفة الثالثة التي تضطلع بها تقليديا مواقع المعرفة وأهلها، فهي تجميع العلوم وتصنيفها وحفظها ونشرها أو حتى إخفاؤها عمن ليس لها بأهل. ولقد خلد J.L. Borges في هذا المجال اسم مكتبة "بابل" الشهيرة، كما اضطلع كثير من الناشرين بدور أساس في إتاحة نشر بعض الأفكار التي كان من المستحيل على أصحابها التعبير عنها علانية في محيطها الأصل، مؤسسين بذلك لنوع من "مطابع منتصف الليل"... بل لقد استدعى الأمر مرارا الصراع لحماية هذا التراث غير المحسوس الذي تكونه المعرفة، من الوقوع في مخالب بعض عميان البصيرة من البشر أنفسهم. وقد اضطلع أناس مثل القس Grégoire ومؤسسات مثل "لجنة التعليم العمومي" بهذا الدور خلال فترة الرهبة التي تلت الثورة الفرنسية، ريثما أصبح بالإمكان، انطلاقا من عام ١٧٩٤، تعبئة هذا الفكر الخبيء من أجل خلق أربع مؤسسات تربوية منبثقة جميعها عن مشروع سياسي مشترك، هي مدرسة اللغات الشرقية ومدرسة المعلمين العليا ومدرسة التقنيات المتعددة Polytechnique ومعهد الفنون والمهن.

وأما الوظيفة الرابعة التي تقوم بها مواقع المعرفة، فهي وظيفة النقل، نقل المعرفة، إذ سواء أكان ذلك بطريقة غير رسمية من قبيل المحاكاة أو التلمذة أو المواكبة أم كان بالوسائل الأكاديمية المعروفة، فإن تلك المواقع تضطلع بدور وساطة لا يمكن الاستغناء عنه، يتمثل في تصنيف العلوم وترتيبها وتدوينها وجعلها في متناول الناس. ومهما تكن التسمية التي نطلقها على هذه الوسائط، فإنها تشترك جميعا في قيامها بوظائف تربوية واجتماعية، وفي سعيها إلى خلق ظروف مواتية لعملية تَعَلُّمٍ ناجحة. فلا يخفى أنه غالبا ما يلزم اللجوء إلى إعادة بناء المعنى بل

وحتى التصور ذاته لأجل أن تصبح المعرفة العالمة في متناول غير العالم من الناس. ولئن كان التعلم عملية يمكن التدرب عليها، فإن بذل مجهود لأجل التعلم لا يعني بالضرورة التوصل إلى الفهم. فالمعارف تمتنع على الطالب متى طلبها قبل الأوان، إذ لا بد لذلك من نضج كما لا بد من حكمةٍ ومن صفاء ذهنٍ لمن شاء أن ينمي في نفسه، لأجل نفسه ولأجل الآخرين، فهمه للمعرفة واستيعابه إياها. وذاك بالذات ما يجعل من وظيفة النقل وظيفة تربوية.

وأخيرا، فإن على الوسطاء المتمثلين في المدرسين والمكونين، أن يعرفوا كيف يشارفون حدود الواقع وكيف يجعلون "تلاميذهم" قادرين على نقل ما يلقنونهم إياه من معارف قولا وفعلا وعلى استعمالها وهم من أمرها على بينة، إذ في ذلك تتلخص رسالة التربية وليس في غيره لدى أحد من الناس.

لقد كان لهذه الأماكن التي ذكرنا جميعا وأهلها – بما هي وهم أمناء على أسرار المتقدمين والمتأخرين ورعاة لميراثهم ونقلة لتراثهم وسدنة لعلمهم – وظيفةٌ اجتماعية لا يجادل في أهميتها أحد. وهي لا تزال تقوم وأهلَها بالدور ذاته اليوم، رغم أنه لم يعد وقفا عليهما وحدهما، علما أن تلك الوظيفة تُنجز في إطار محيط مختلف يتطلب قدرا أكبر من اليقظة حيال ما نعطيه لمعارفنا من معنى.

تحولات عميقة

يُعَدُّ دخولُ الإنسانية في "مجتمع الإعلام" واحدا من التحولات العديدة التي يهمنا أمرها على وجه الخصوص. فبعد أن أصدر الاتحاد الأوربي عام ١٩٩٣ "كتابا أبيض" يحمل عنوان "نمو وتنافسية وتشغيل"، يحدد قواعد اللعبة الاقتصادية والاجتماعية، جاء الكتاب الثاني المعنون "تعليم وتعلم" سنة ١٩٩٥ ليثير انتباهنا إلى بروز مجتمع "معرفي" تقوم بنيته حول رهانات كبرى هي العولمة والتسارع الكبير الذي تشهده الفتوحات العلمية والتقنية، وكذا العلاقات الجديدة التي نقيمها اليوم مع الإعلام.

من بين مكونات مجتمع الإعلام هذا، هناك ثلاثة عناصر يمكنها المساهمة في تحويله إلى مجتمع معرفي: أولها تسارع التغيير، وما يصاحبه من تصاعد في التعقيد وفي النمو الذي يطبع وسائل ممارسة الأنشطة المهنية، وثانيها تأثير تقنيات معالجة المعلومات والاتصالات، وثالثها تزايد أعداد الشبكات وظهور شبكات تعليمية مستقلة.

إن التغيير في كل مناحي الحياة في تسارع مستمر، والتعقيد يزيد في كل يوم عن سابقه. وما أبلغ Paul Valéry حين يقول "إن المستقبل لم يعد كما كان من قبل عليه"، ذلك أن "التغيير نفسه لا يني يتغير". والنتيجة أن قيادة التنظيمات البشرية أصبحت أشد تعقيدا من ذي قبل بكثير، وقُل مثله في رعاية "البراعم". وموازاة مع ذلك، فإن المأجورين يجدون أنفسهم اليوم، وعلى جميع المستويات، في مواجهة مطالب كفائية متزايدة بدرجة تكاد لا تصدق، حيث ينبغي لهم من الآن فصاعدا التعامل مع تقنيات حديثة لا يكاد المرء يتمكن منها حتى يظهر غيرها، كما يتوجب عليهم مسايرة الأهمية المتزايدة التي يكتسبها الحس التجريدي يوما عن آخر في كل ما يتعلق بسبل الإنتاج والتسويق والخدمة بعد البيع. وينبغي لهم أيضا الاندراج في أشكال جديدة من العمل، قوامها في الآن ذاته الاعتمادُ على الفهم الجيد وتعميمُ ثقافة الإنجاز كي تمتد لتنتشر على المستوى العالمي. وهنا يكتسي مبدأ طلب العلم من المهد إلى اللحد معناه كاملا، إذ ينبغي للمرء بطبيعة الحال أن يسعى بلا انقطاع إلى التمكن من كل ما جد من تقنيات في ميدان عمله الخاص، لكن عليه أيضا أن يتعلم كيف يتعلم في محيط لا يني يتغير، وكيف يجد المعرفة النافعة القمينة بأن تعينه على حل إشكالات لم يسبق له أن واجهها من ذي قبل، وكيف يستبق الزمن في الحصول على مهارات من شأنها أن تساعده في حل مشكلات لا تزال في عالم الغيب. ذاك كله ما يُشترط في المرء اليوم إن هو شاء أن يجد مُشَغِّلا. وعلاوة على ذلك، فإنه ينبغي، وعلى جميع المستويات، أن يعرف المرء كيف يقيم الشراكات وكيف ينجز المشاريع وكيف يضع الميزانيات ويدبر تسييرها، وكيف يقدم تقريرا عما فعل وكيف يشتغل في إطار فريق وكيف يفاوض وكيف

يتحكم في كربه وضيقه من ثقافة لا تغتفر الخطأ، وكيف يسهم في سير مشروع مشترك ليس يدري بالضرورة عن دوافعه ولا عن مراميه شيئا. كل هذا من شأنه أن ينمي المدارك وأن يزيد من القدرات، لكن شريطة أن يعرف المرء كيف يرتب أولوياته، وأن يتاح له الزمن الكافي ليتأقلم، وأن يؤتى الحق في الاستفادة من ذلك الوقت، وأن يدرك المغزى العميق من حياته ويعرف كيف يحافظ عليها. ذاك هو الرهان الجديد الذي يواجهه كل مسعى في مجال "تدبير الكفاءات" يراد له أن يسهم فعلا في "تنمية الموارد البشرية".

أما المكون الثاني من مكونات مجتمع الإعلام هذا، فهو تأثير تقنيات الإعلام والاتصال. ولئن اضحى من الممكن توظيف تقنيات الإنتاج والاستغلال والتسويق جميعا في أيامنا هذه توظيفا تربويا – ومن ذلك أجهزة التقليد وسبل تحليل العمل وتلك التي تتيح تحليل ما يعرض له من خلل، إذ تمثل جميعها وسائل فعالة وناجعة في مجال التكوين – إلا أن تقنيات معالجة المعلومات وتقنيات الاتصال قد قلبت الأوضاع في مجتمعنا رأسا على عقب، إذ وضعت رهن إشارتنا في مجال البحث عن المعلومات ومعالجتها وتخزينها إمكانات لم يسبق لنا بمثيلتها عهد. ولا يخفى أنه، بفعل تحول سوق الإعلام – وهي سوق تجمع بين الهاتف النقال والتلفزة والفاكس وإنترنت – إلى سوق استهلاكية، فقد أضحت مثل هذه الإمكانات في متناول الناس جميعهم تقريبا في المجتمعات الأكثر تقدما، وهو ما نجم عنه تغيير ثقافي عميق، إذ باتت أعداد متزايدة من الناس تحرص على تخصيص حيز من الزمن ومن المكان تلج فيه، نظريا على الأقل، مكانا يجمع بين العلوم جميعا.

في الوقت نفسه، وبفضل هذه التقنيات أو لربما بسببها، فإننا نطرق أبواب "ثقافة شبكات" حقيقية تتيح ظهور مثيلة لها افتراضية هدفها التعليم، بعضها دائم وبعضها الآخر يدوم ما بقي السبب الذي أدى إلى نشأته قائما، من مسألة يراد حلها أو رغبة طارئة فرضتها الضرورة في التواصل وتبادل المعلومات، علاوة على أنها تتيح إمكانات ارتباط بموارد بعيدة للأخبار أو للخبرات ما كان للمرء أن

يستثمرها من ذي قبل، وهو ما يمكن تسميته بربط اللقاء عن بعد. ولا تنحصر فائدة هذه التطورات التقنية في كونها تتيح للمرء تعلما مفتوحا ومرنا فيما تعلق بصميم مهنته، بل إنها تفتح أمامه آفاقا واسعة إذ تمكنه من الحصول على تقارير عن أشغال الندوات المنعقدة عبر العالم، ومن بناء مداخلته أو تحرير تقريره الشخصي على أساس معطيات عالمية، ومن الإفلات من ربقة التخصيص الإجرائي عبر التمكن من الرجوع إلى معلومات أساس قد نسيها أو أخرى لم تبلغ إلى علمه بعد؛ وبتعبير آخر، أن يدخل كما شاء إلى عالم يغترف منه آخِرَ ما أبدعه العلم كما يغترف منه المعارف الأساس، عالمَ لا تفتأ مداخله تتعدد يوما عن يوم وتتسع، كما لا تفتأ "صناعة المحتويات" حقيقية تنمو وتزدهر. ولنضف أخيرا أن هذه الشبكات تتيح الحصول على اعترافات بالكفاءة منتظمة، كما تتيح التصديق على تلك الاعترافات، سواء أكانت الكفاءة المعترف بها ناتجة عن عملية تعلم أم عن تجربة، بل إنها تتيح حتى الحصول على شهادات اعتراف بالمستوى حسب التخصصات.

وتطبع مجتمع الإعلام هذا مفارقة واضحة. فهو يشهد من جهة تعددا في إمكانات الاندماج في شبكات محلية أو عالمية، خاصة أو مفتوحة في وجه الجميع في كل مكان وكل زمان – مما يخلق أواصر متينة ومرنة في الآن ذاته بين هذه الكائنات الرحل/المقيمة التي أصبحنا نكتسي ملامحها رويدا في مواجهة متطلبات التنافسية الدولية – ويشهد من جهة أخرى نزوعا شاملا وقويا نحو الفردانية، حيث أضحى كل منا يقضي وقتا أطول فأطول سجين قوقعة مغلقة تمثل فيها شاشةُ الحاسوب ولوحةُ المفاتيح وجهازُ الهاتف الكائناتِ الملموسةَ الوحيدة في مجتمع لا يفتأ يغرق في الافتراضية.

ماذا سيكون لهذه التوجهات الجديدة من اقتضاءات ونتائج على مستوى تكوين الكبار؟

إن الوظائف الأربع التي تضطلع بها مواقع المعرفة التي ذكرنا، وكذا الفصل بينها، بل ووجودها نفسه، كلها أمور قد أضحت جميعها اليوم موضع نظر.

فعلاقتنا بالمعرفة أضحت تكتسي شيئا فشيئا صبغة جديدة وتخضع لأنماط منطقية جديدة تنحو، فيما تعلق بالأفراد، نحو منطق للتكوين الذاتي، تدعمه وتكمله المبادلات التي تجري عبر الشبكات المعلوماتية، ونحو تنمية سلوك يطبعه حب الاستطلاع والبحث والتشارك في المعلومات وفي المهارات، بما فيها المعلوماتية وتلك المتعلقة بآخر الطرائق المبتدعة في حل المسائل المختلفة. وهذه الجماعات الافتراضية الصغيرة، إذ تتيح للأفراد أن يلتزموا بطريقة شخصية بهذا المسعى الرامي إلى التكوين الذاتي، تكشف في الآن ذاته عن حاجة شديدة إلى المساعدة والإرشاد، غالبا ما تركز على أنماط التخاطب وأساليب التعلم أكثر من تركيزها على مواضيع التعلم ذاتها أو على علة وجود تلك المواضيع.

وليست المفارقة بأقل وضوحا داخل المقاولات والمنظمات المهنية. فهذه المؤسسات جميعا تبدي اليوم كما لم تبد من قبل حاجةً إلى تكوين جدي وإلى مكونين ذوي كفاءة مهنية، وفي الآن ذاته، فإن قطاع تكوين البالغين يهيمن عليه جو من الضغوط والإكراهات لم يشهد له من قبل مثيلا. ويكمن أحد أسباب هذا التوتر في المنافسة القائمة بين المؤسسات وبين مصالح التكوين، وكذا في تطور آليات ضبط الأسواق. كما تعد الضغوط المالية سببا آخر في هذا التوتر، إذ كلما زادت المؤسسات اعتمادا على التكوين زادت مطالبها حدة، حيث أصبح مطلوبا من التكوين توفير القدر المحدد من الكفاءات على وجه الدقة، وتوفيره في الوقت اللازم بالذات. وعلاوة على ذلك، فإن على المصالح والمؤسسات المتخصصة في التكوين أن تبرهن على فعاليتها ونجاعتها، بل وفي بعض الأحيان أن تبرر وجودها نفسه، وذلك في سياق صارت فيه لامركزية القرارات الخاصة بالتكوين أقرب ما تكون إلى لامركزية نظيرتها المتعلقة بسير العمل، مما يؤدي بالمؤسسات إلى الاكتفاء في بعض الأحيان بمكونين ذوي كفاءات محدودة. بل إنه ينبغي للتكوين المهني أن يرقى إلى مرتبة العمل وأن يُنظر إليه بصفته هو نفسه عملا، حتى وإن أدى ذلك إلى وضعه خارج دائرة ساعات العمل الأسبوعية الخمس والثلاثين.

ويؤثر كل هذا بالغ التأثير في شكل مسؤوليات التكوين ونوعيتها، كما يؤثر في وظيفة القائمين عليه. ولنذكر من هذه الآثار امّحاءَ الحدود بين الإعلام والتوثيق والتكوين، والنموّ الهائل الذي تشهده أشكال متعددة من التكويات غير النظامية، وانتقالَ أعداد متزايدة من الناس في المجال المهني من مفهوم المعرفة إلى مفهوم الكفاءة المعتمد في تقييمها على الإنجاز المهني. وهذا يعني نهاية احتكار التكوين لمسألة إنتاج الكفاءات، إذ أضحت الحركية المهنية والاستخدام الذكي لمشورة الخبراء وعمليات التقييم وكذا قيادة المشاريع تضطلع هي أيضا بالدور نفسه. وقُل الشيء نفسه في تطور بنيات تكوينية غير واضحة المعالم، تجمع حسب الحاجة بين التداريب والوصاية عن قرب وعن بعد والتكوين الذاتي وعمليات تحليل العمل والندوات أو عمليات تبادل الخبرة وتصحيح المكتسبات. وهي كلها تتطلب تقنيات تنظيمية عالية الدقة وتدبيرا بيداغوجيا وتجهيزيا وماليا دقيقا وصارما، مما يجعلها تتمخض عن أشكال جديدة من مهن المعرفة.

غير أن هذا لا يعني اندثار أماكن المعرفة المتمثلة في مصالح التكوين والمنظمات المتخصصة في هذا المجال. فهذه الأماكن ستواصل اضطلاعها بوظائف ذات أهمية، لكن في إطار إعادة توزيع أدوارها بالنسبة إلى بنوك المعلومات والبوابات والشبكات. وسيتعين عليها من أجل ذلك أن تضم مكونين ومستشارين قادرين في الآن ذاته على التواصل مع مخاطبيهم على جميع المستويات وعلى اكتساب ثقتهم من أجل التمكن من مساعدتهم في حل مسائل يتناقص نصيب المعرفة في التعبير عنها يوما عن يوم. وفوق هذا وذاك، سيتعين عليها أن تتخلص من المنطق التبسيطي المتمثل في العلاقة بين الزبون والمموّن، لتقيم مكانه مع شركائها المحليين والدوليين علاقات أوسع، من قبيل التصور المشترك والقيادة المشتركة، بل وأحيانا علاقات من الاستثمار المشترك، إن هي شاءت أن تنجح في إنجاز المهمات الاستراتيجية المنوطة بها.

أما مراكز الموارد، فإنها تندرج بطبيعتها في شبكة أماكن الخبرة والتكوين، وهي لهذا السبب ستصبح باطراد مفاصل تربط بين تلك الشبكات. فإذا كان توزيعها

الجغرافي مرتبطا بأقطاب النشاط الذي تمارسه مؤسسة معينة، أو أقيمت في أماكن يبرر توفر فرص الشغل فيها وجود تلك المراكز اقتصاديا، فإنها ستتيح استقبال أشخاص أو مجموعات من أشخاص يحتاجون إلى خدماتها عن قرب أو عن بعد، أو يرغبون في إقامة تجمعات مع نظرائهم، ويريدون في الآن ذاته أن تكون تنقلاتهم محدودة، كي يبقى التكوين متلائما مع مسؤولياتهم وإكراهاتهم المهنية.

ولنعد في النهاية إلى الأشخاص المعنيين مباشرة بمسألة الولوج إلى عالم المعرفة، وأعني مهنيي التربية والتكوين. فقد كان قسط مهم من الدور الموكل إلى هؤلاء في الماضي يتلخص في امتلاك أشكال من المعرفة ومساعدة مخاطَبيهم على امتلاكها بدورهم. أما اليوم، فإن هذه المعرفة قد أضحت في متناول الناس جميعا، يغترفون منها كما شاءوا دون أن يجدوا في ذلك بالضرورة حاجة إلى وسيط، مما يفضي إلى تغيير في دور المدرسين والمكونين وفي وضعيتهم؛ وجليٌّ أن فقدان سلطة المعرفة ليس بالشيء الذي يسهل على المرء القبول به والتعايش معه. لكن هؤلاء الناس سيستمرون في الاضطلاع بدور أساس في عملية التعليم إذا ما شاء مجتمعنا لهذه العملية أن تجري بطريقة منصفة للجميع وأن تكون في متناول أكبر عدد ممكن من الناس. ولذلك فإن المدرسين والمكونين والمنشطين والمؤطرين جميعا مدعوون إلى أن يضيفوا إلى مهمتهم الأولى والضرورية، المتمثلة في إنتاج موارد تربوية جديدة وتصور التقنيات والآليات الملازمة لها، مهمةَ الإسهام في عملية امتلاك المعرفة وفي استعمال المعارف والكفاءات، وذلك عبر الاضطلاع بأشكال ثلاثة من الوساطة.

أما الشكل الأول، فيتمثل في مساعدة الراغبين في تحديد ما يعلمون - مما علمتهم إياه الدراسة أو آتتهم به التجربة - والتعريف به والإفادة منه اجتماعيا. لكن ذلك يستلزم أيضا مساعدتهم على إيجاد طريقهم وسط متاهة المعلومات، أي تعليمهم كيف يطرحون على أنفسهم وعلى الآخرين الأسئلة الجيدة المفيدة، وكيف يحصلون على ما يبحثون عنه من معلومات في مجالات المعرفة والسلوك والمهارة

المهنية. وذلك يعني تمكينهم من امتلاك الكفاءات التي سيحتاجون إليها كي يتمكنوا من الاندماج أو إعادة الاندماج في الحياة المهنية، والاشتغال في محيط يتيح التطور، والمساهمة في زيادة حظوظهم في التشغيل، والاضطلاع بالمسؤوليات التي تؤول إليهم بصفتهم آباء ومواطنين.

وأما الشكل الثاني من أشكال الوساطة التي يجري الحديث عليها، فيتمثل في مواكبة جهود المتعلمين خلال عملية التعلم، والاجتهاد في تمكينهم من إيجاد الأجوبة على أسئلتهم أو الحصول على تلك الأجوبة متى احتاجوا للمساعدة، سواء أتعلق الأمر باستيعاب بعض المفاهيم أم بمعالجة صعوبات ذات طبيعة معرفية أو وجدانية أم بحل مسائل تتعلق بهذا الشأن أو ذاك من شؤون الحياة. وعلاوة على ذلك، ينبغي للمدرسين والمكونين أن يعرفوا كيف يساعدون هؤلاء المتعلمين على تعديل طريقتهم في التعلم من أجل التأقلم مع التغيير العميق الذي تشهده آليات العلم المادية وحاملاته المادية نفسها. فما أكثر من لا يزالون منا مرتبطين بما يمكن تسميته "المعرفة الورقية"، فيما نحن نقتحم أبواب عهد أقل ما يقال فيه أنه ثورة تقنية وفلسفية حقيقية، هو عهد الوجود الافتراضي. وأن يستفيد المرء من كل وسائل التكوين التي ذكرنا، معناه أن يتعلم كيف يصنع معارف انطلاقا من مجموعة من المعلومات المشتتة وغير المتجانسة، وأن يلج أبواب فضاءات لامتناهيةِ الشساعةِ يتخذ كلٌّ في أرجائها سبيله الخاص فلا يبلغ بالضرورة إلى حيث كان يريد فيورثه ذلك خيبةَ أملٍ أو يُكسبه معرفةً، وأن يتعلم العيش في هذا العهد الجديد، عهد ثقافة البرنامج والشاشة، عهد يزاوج بين سرعة البرق وزوال الطيف وصرامة السيف في آن معا.

وأما ثالث أشكال الوساطة وآخرها، فمعاده إلى المكونين أنفسهم. وهي وساطة تقع في الحد المشترك بين المتعلم وبين المجموعات الاجتماعية التي ينتمي هذا المتعلم إليها – من أسرة ومكان عمل وجمعيات وحيز ترابي مشترك كالوطن والقارة وما إلى ذلك – والتي يمثل التكوين المهني في داخلها وسيلة يُهدف من

ورائها إلى تحقيق غايات أخرى في ميدان العمل نفسه كما في الميدان الاجتماعي. وتتمثل مهمة المكونين في مساعدة هؤلاء المتعلمين على تحديد ما ينبغي لهم التوصل إلى امتلاكه عبر التكوين، ثم مساعدتهم على تمييز الهدف المحدد. وهذا يستدعي المشاركة في أعمال رصد تتوخى استشراف التحولات القمينة بأن يشهدها المجتمع مستقبلا، وتحديد أهم الاتجاهات التي تنحو سوق الشغل نحوها، بما يتيح إنارة السبيل أمام الأنشطة المهنية والاجتماعية التي لا تزال في رحم المستقبل. كما يناط بالمكونين قيادة عمل دائم التجدد، هدفه أن يحظى التكوين ومهنيوه وما تعلق بهم – وكذا أهمية إسهامه، دون نسيان إكراهاته وحدوده – بتفهم مجموع الفاعلين الاقتصاديين والاجتماعيين الذين يعنيهم التكوين أو الذين يستفيدون منه، وأن يحظى منهم بالتقدير الذي يستحقه.

خطوات ذات أهمية لا تنكر، وأسئلة لا حصر لها تتناسل

إن ما يدعوه بعض الناس باسم "التحول" شيء أمره عجيب. فكثير منهم يشعرون عن صواب أن ما يبثه هذا التحول من أنوار يضيء الطريق أمامهم، غير أن ذلك النور يُعشي في بعض الأحيان أعينهم فيجعلها غير قادرة على تمييز إشارات الخطر التي تثوي في زوايا الظل منه.

فهل نستطيع القول إن هذه الخطوات المهمة تمثل صورا تنبئنا مسبقا عن وضع مجتمع عالمي مستقبلي عماده المعرفة؟ لعل الأمر كذلك. لكن هل يعني هذا أن كل واحد وكل واحدة منا سيجد الطريق إلى اكتساب المعرفة أوسعَ أمامه مدخلا مما كان من ذي قبل وأيسرَ سبيلا؟ لا نظن ذلك واردا. فمجال المعرفة، وكذا ممارسة المهن التي تجمعها تلك المعرفة أو تخلقها، أشبه ما تكون برقعة شطرنج كبيرة متعددة المستويات، يلتقي على صعيدها فاعلون متعددون فيتواجهون ويصطدمون، منتظمين في إطار علاقات قوة ثقافية عالمية، يسعون إلى تغيير قواعد اللعبة أكثر من سعيهم إلى تحقيق الربح الآني. لكن اللعبة الحقيقية التي تدور

فصولها حول معرفةٍ قد أضحت عنصرا استراتيجيا، هي في بعض الأحيان أبعد ما تكون عن الوئام الذي يمكن للحكمة الشعبية أن تفترضه في عالم مبني على أساس تقاسم تلك المعرفة بإنصاف بين الجميع.

لا يتسع المجال لعرض كل التساؤلات التي تطرحها التحولات الراهنة. فلو رمنا ذلك للزمنا الحديث عن الخلط المتزايد بين الإعلام والمعرفة، والذي يقود شيئا فشيئا إلى تفضيل ذاك على هاته، مع إعطائه قيمة ترتبط بصفة أساس براهنيته وطول المدة التي يكون فيها صالحا للاستعمال. ولو رمنا ذلك للزمنا أيضا الحديث عن اندراجِ أنشطة – من قبيل إيصال المعلومات وتبادل المعرفة – في اقتصاد خدمات واقتصاد سوق يطبعه هو أيضا تنافس على المستوى العالمي. أفلا يُخشى عندها أن تشهد التربية والتكوين نوعا من التحديد المبالغ فيه على يد الدوائر التجارية والمالية التي تصبح لها إذّاك اليد الطولى؟ ولو رمنا ذلك لانبغى أيضا أن نفحص ببعض التمعن جميع الأشياء غير المرئية التي يجري تبادلها، ومنها ما تعلق بهجرة الأدمغة فرارا أو بيعا وشراء، وأن نثير مسألة حماية حياة الأفراد الخاصة ورعاية حرمتهم في هذا العهد المطبوع بطابع إنترنيت، حيث تتطور أيضا سوق معرفية موضوعها نحن البشر...

لقد ولجنا أبواب مجتمع أثيري غير ملموس. وهذا التطور هو أبعد ما يكون عن مساعدتنا على الحفاظ على علاقاتنا الاجتماعية وعلى مناراتنا التقليدية المخلخلة أصلا بفعل هذه الأمواج الهادرة المتلاحقة من العمران الأهوج ومن الاختلالات المتنوعة. وتكمن إحدى النتائج الناجمة عن ذلك في خطر الخلط بين الواقعي والافتراضي، بين أشخاصنا الحقيقيين والأشخاص الخياليين الذين نجوب عبرهم أرجاء زمكانٍ لعوبٍ تتسع حدوده لتشمل الكرة الأرضية جميعا، مع ما قد يقود إليه ذلك نفسه، على مستوى المجتمع الحقيقي، من سلوكات وتصرفات مغرقة في العنف موغلة في الشراسة.

وختاما، فيكف يتأتى كيل المديح للتقنيات الحديثة وللشبكات المتاحة عبر إنترنت، دون التذكير بأن امتلاك المعلومات – ناهيك عن امتلاك المعرفة – هو شيء له ثمن يؤدى بعملتين. أما أولاهما فثقافية، وهي قد تقف حاجزا منيعا أمام الأميين قداماهم والجدد، وثانيتهما مالية مزدوجة، لحمتها الاستثمارات اللازمة لشراء التجهيزات الضرورية لولوج شبكات المعرفة، وسداها الثمن الذي يتطلبه دخول تلك الشبكات والتجول فيها. صحيح أن الأمم المتحدة ترى في تطور الإنترنت فرصة سانحة لا مثيل لها لتحقيق تطور اقتصادي في مختلف بلدان "القرية العالمية" التي نعيش جميعنا داخلها. لكن ينبغي ألا ننسى أن الرغبة في امتلاك التجهيزات المعلومياتية، وكذا تطوير الإنترنت ومدى انتشار استعماله في مجتمع معين، هي كلها رهينة بالتطور الاقتصادي والاجتماعي ذاته. ولندلِ في هذا الصدد بخمسة أرقام نحسبها تعبر أفضل من كل خطاب عن التفاوت الحاصل في هذا المجال.

في كندا، يبلغ ثمن اثنتي عشرة ساعة من الربط بالشبكة ما يعادل ٦٤ فرنكا فرنسيا، بينما يبلغ معدل الناتج الوطني الخام ما يعادل ١١٨٠٠٠ فرنك فرنسي للفرد الواحد. أما في مصر، أحد أولى البلدان العربية ارتباطا بالشبكة، فإن ثمن المدة الزمنية نفسها يعادل ١٤٣ فرنكا، في حين لا يتجاوز معدل الناتج الوطني الخام في هذا البلد ٧٢٠٠ فرنكا. ولنضف أخيرا أن قرابة مليارين من البشر يعيشون بما يعادل أقل من ١٥ فرنكا فرنسيا للواحد في اليوم. فكيف يُتصور أن تذوب هذه الفوارق سريعا، وبخاصة إذا أخذنا في الحسبان أن المعلومات والمعرفة تمثل مواردَ قوةٍ ليس الناس جميعا بمستعدين لاقتسامها مع الآخرين؟

إن التربية والتكوين هما اليوم أكثر من أي وقت مضى وسيلتان قمينتان بالإسهام في التخفيف من هذا التباين. وكما ورد في تقرير اللجنة التي كونتها منظمة اليونسكو برئاسة Jaques Delors، فإن "في باطنهما كنوزا خبيئة". غير أن هذه التربية وهذا التكوين هما في حاجة إلى تغيير مستمر، بل وربما إلى إعادة صياغة،

إذا شيء لهما أن يدوما من المهد إلى اللحد. ولعل في هذه الجملة المستعارة من كتاب Les Matinaux من تأليف René Char ما يغني في هذا الصدد عن كل تعليق: "لئن كانت العواصف لا تني تحرق شواطئي، فإن موجي في الأعالي عميق شامخ متراكب. ليس لي في المتناهي من أرب، ولا أنا أجد غضاضة في المضي بقاربي مجدفا بين بعدين لامتساويين، رغم أن مناراتي من حجر لا من طين، وأن آثاري من ملح لا من دخان..."

المعرفة والتكوين(٢)

بقلم دومينيك لوكوك

Dominique LECOQ

في رواية La Pluie d'été من تأليف Marguerite Duras، يخاطب البطل Ernesto والدته قائلا: "لن أعود إلى المدرسة، فهم هناك يعلمونني أشياء لا أعرفها !" ولعل النص الذي يلي ليس سوى تعليق بسيط على ما يثوي وراء هذه الكلمات البسيطة الساذجة البليغة في آن معا، من معنى عميق صادق وفاضح حول المعرفة.

فيما تعلق بالمعرفة ذاتها، فإن هناك ملاحظة أولية لا بد من إبدائها، هي أن ما يُنتَج اليوم من معارف يجاوز بكثير ما يستطيع الفرد استيعابه. صحيح أن هذه الظاهرة حديثة نسبيا في تاريخ البشرية، غير أنها تطورت بسرعة جعلت الوعي بآثارها يبدو وكأنه يجيء متثاقلا متأخرا. ولعل المكوك الفضائي الأمريكي قد جسد هذه الوضعية أثناء عملية بنائه خير تجسيد، بصفته كان أول شيء صنعه البشر في تاريخهم على حين لم يكن باستطاعة أي منهم أن يتصوره وحده.

وهَاك ملاحظة ثانية: يجيء باحث من الباحثين يعمل في مجال معين بنتيجة بحثه، ويجيء باحث ثان يعمل في المجال ذاته بنتيجة مناقضة لسابقتها، تكذب هذه تلك ويكذب هذا ذاك. ولنا في خلاف علماء الفيزياء الفضائية حول وجود الثقوب السوداء خير مثال في ذلك. والحق أننا لا نسوق هذا المثال دون غيره عبثا، وإنما لأن موضوعه شيء غائب. فالجدل – في المعنى التقليدي المستفاد من الكلمة – إنما يشجر بين البشر حين يجدون أنفسهم يواجهون غياب شيء مرغوب في وجوده

---

(٢) نص المحاضرة رقم ٢٤٢ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٩ أغسطس ٢٠٠٠.

أو يفترض فيه الوجود. فإذا هم قبلوا أن يَعلَموا ذلك كلا لنفسه، رأيتَهم يجتهدون في إيجاد معنى يؤتونه إياه. فالمهم ليس هو أن يَكتَنِز المرء المعلومات كما يُكتَنَز الذهب والفضة، بل أن يعرف كيف يستخلص منها تلك الخلاصة التي تمثل المعرفة بالنسبة إلى كل واحد منا وتتيح له أن يتكلم باسم تلك المعرفة. وبتعبير آخر، فإن المعرفة لا يمكن احتمالها إلا منطوقةً من قِبَل ناطق، ليس فحسب بنتائجها - المعلومات، أو ما يصطلح المكونون على تسميته بالمحتوى - بل وأيضا بجنوحها إلى المبدأ الغائب، حسب تعبير Dante، أي نحو ما يُكوّن الأصل. فللمعرفة، سواء درى المرء أم لم يدر، وشائجُ تربطها بمسألة الأصل، وبالتالي بنقيضها، أي الغيب، الذي أعرِّفه بصفته يمثل "ماوراءً" للمبدأ الغائب. وهذا يرسم للمعرفة وظيفة لا تنحصر في مجرد اكتناز المعلومات، بل تنحو أكثر نحو إيتاء الموضوع المعنى قواما.

والآن وقد سقنا هاتين الملاحظتين الأوليتين، يمكننا أن نقول إن التمييز التقليدي الذي يقام عادة في مجال تدبير الموارد البشرية بين العلم بالشيء أو المعرفة savoir والعلم بالفعل أو المهارة savoir-faire والعلم بالذات أو السلوك savoir-être من أجل الحكم على عمل شخص معين، هو تمييز يستحق أن يكون موضوع تأمل نقدي لا يكفي مفهوم الكفاءة وحده كما يجري استعماله اليوم لتجسيده في كل أبعاده.

لزم الآن أن نشرح طبيعة واو العطف التي جعلناها رابطا بين المعرفة والتكوين في مطلع هذا الكلام؛ لكن يحسن قبل ذلك أن نُذكر القارئ بتعدد المعاني المستفادة من ثانية هاتين الكلمتين. ومن يجرب سيرى أنه ليس من السهل الإحاطة بمفهوم التكوين في وضعنا الراهن الذي تختلط فيه المفاهيم اختلاطا. فلفظة التكوين تغطي - حسب نوع الخطاب الذي ترد فيه - مجالا دلاليا يحيل تارة إلى آلية قانونية وضريبية جرى استحداثها في فرنسا عند صدور قانون يوليو ١٩٧١، وتارة إلى مطلب اجتماعي نادت به هيئات إصلاحية (ومنه حديثهم عن "فرصة

ثانية" تفترض فرصة أولى لا يدري أحد بطبيعة الحال عن زمانها ولا عن مكانها شيئا)، وتارة إلى موعظة سياسية (من قبيل ما تفتقت عنه مؤخرا قريحة الأوروبيين من دعوة إلى "التكوين من المهد إلى اللحد")، وتارة إلى نصيحة اقتصادية وحربية (من مثل مسألة التلاؤم مع متطلبات السوق، التي تستند إلى منظور استراتيجي وتنافسي)، وتارة إلى الممارسة نفسها، تلك العملية التي تستجيب لطلبات شديدة التباين، مكونة بذلك ما يعرف باسم البيداغوجيا (فهل يتعلق الأمر هنا بمحاولة لدغدغة مشاعر الطفولة المتواصلة عند البالغين؟) بصفتها قمة للفعل المهني. وأن تحصر مفهوم التكوين على أحد هذه المعاني معناه أن تُدخله في منطق خارجي المنشإ إن كان خاصا بكل مجال يمارس فيه فإنه يولي للتكوين وظيفة تقنية غالبا ما تنحصر في مجرد الدعم والمساعدة. غير أنه لا يسمح ببناء مفهوم التكوين ذاته، وكأن هذه الفكرة لا تقدم أبدا سوى أجوبة تقنية لا فكرية. وبتعبير آخر، فإن التكوين ليس مجرد أداة ولا مجرد عملية إنتاج أدوات تستجيب لحاجيات معينة وتنتمي حصرا إلى مجال التخطيط التقني، بل هو عملية معقدة تستحق أن يتأمل المرء في ما تقوم عليه بصفتها نشاطا بشريا، وذاك ما لا مجال لإنكاره، اللهم إلا إذا قصدنا أن لا نَعلم شيئا عما يُفعل بالناس الذين يدخلون في خضم آلياته.

لمحة موجزة عن جهاز التكوين في فرنسا

كان قانون يوليو ١٩٧١ بمثابة تجسيد قانوني للتغيير الذي شهده تنظيم العمل في فرنسا حوالي السبعينات من القرن الماضي، وهو التغيير الذي تَسَرَّع بعضُ الناسِ في الحكم عليه فرأوا فيه نهايةَ النزعة التايلورية. ويُكوّن هذا القانون المبني انطلاقا من المشروع الذي تصوره Condorcet في ١٧٩٢، الآليةَ التي تضع أسس التكوين المهني المستمر. أما أول أهدافه، فهو تكييف الموارد البشرية مع حاجيات المقاولة، مقابل أن تتكفل هذه الأخيرة بتوفير الموارد المالية اللازمة لإنجاز هذه العملية. غير أن هنالك هدفا ثانيا يتمثل في إعطاء المأجورين "فرصة ثانية"،

ومنحهم إمكانية لتحقيق "تنمية ذاتية". والناظر في هذين الهدفين المرسومين لا شك يتبيّن وظيفتين موكلتين للتكوين، أولاهما تكييفية، وثانيتهما إصلاحية. وستأتي بعد ذلك قوانين متتالية، مثل قانون يوليو ١٩٧٨، هدفها تصحيح الثغرات التي جاءت في النص الأول، وخاصة ما تعلق بالعطلة التكوينية الفردية.

فماذا كانت يا ترى النتيجةُ الأهم التي تمخض عنها قانون يوليو ١٩٧١؟ لقد أقيمت سوق للتكوين المهني تمثل اليوم إنفاقا سنويا يبلغ حوالي ١٤٠ مليارا من الفرنكات الفرنسية، وتهم نحو ثلاثة ملايين ونصف المليون من المأجورين. ويجمع هذا القطاع الجديد نحو ثلاثين ألف مؤسسة تكوين، لا يقوم على كل منها في أغلب الأحايين سوى فرد واحد. وتحظى الستمائة الأولى منها – مصنفةً حسب أرقام معاملاتها – بحصة الأسد من طلبات التكوين. أضف إلى ذلك أن المقاولات – منتظمةً في إطار تجمعات مهنية، أو بطريقة مباشرة، عبر التفرعات والتجمعات – قد اهتمت بمعالجة الطلب والعرض في مجال التكوين بما يجعلهما يستجيبان لمطالبها في انخفاض الكلفة وضمان النجاعة. غير أن حصول أجير معين على فرصة للتكوين أمرٌ رهين إلى حد بعيد بحجم المقاولة التي ينتمي إليها ذلك الأجير.

وفي انسجام مع التطور الطبيعي لكل آلية تمولها المقاولات والدولة معا، فإن التكوين قد أضحى، مع المخطط الخماسي المنطلق سنة ١٩٩٣ أداة سياسية لتدبير الشغل ولمعالجة معضلة البطالة معالجة اجتماعية. وليست مبادرات من قبيل PARE (مخطط المساعدة على استئناف العمل) وعمليات تقييم قدرات العاطلين تقييما مستمرا من أجل تحديد أنواع التكوين التي يحسن اتباعها أو اجتنابها، ليست سوى آخر تجليات تلك الأداة. ومن المنتظر أن تجري مناقشة نص جديد في هذا الصدد خلال الدورة البرلمانية التي ستنعقد عام ٢٠٠١. وتتعلق أهم محاور مشاريع القوانين بالشهادات المحصل عليها عن طريق تصحيح المكتسبات المهنية والحق الفردي في التكوين، بما هو حق "قابل للنقل ومضمون بطريقة جماعية". وواضح

أن النية تتجه نحو تقريب جهاز التربية الوطنية وجهاز التكوين المستمر من بعضهما، وبخاصة فيما تعلق بمهمتهما المتمثلة في منح الشهادات، وذلك يعني التوفيق بشكل من الأشكال بين ما تُعلمه الدراسة وما تؤتيه التجربة.

غير أن جهاز التكوين هو اليوم هدف لانتقادات لاذعة تأخذ عليه كونه دام: "ثلاثين عاما في اتّباع ممارسات باهظة الثمن غير مجدية ولا عادلة، ركنت إليها الدولة والمقاولات، فأخفقتا معا في توفير فرصة ثانية للمأجورين الأقل كفاءة"، كما جاء في مقال صدر مؤخرا.

فما الدافع إلى كيل هذه الاتهامات القاسية التي تنال مما يضطلع به التكوين من وظيفة إصلاحية؟ وهل من جواب عليه سوى أننا - إذا ما التزمنا بمنطوق الهدف نفسه، وبخاصة ما تعلق بتنظيم الفرصة الثانية - نطالب التكوين بما ليس في استطاعته إيتاءنا إياه؟ فنظرة فاحصة تكفي لكي يعرف المرء أن الوظيفة الإصلاحية، من حيث المبدأ ومن حيث التطبيق معا، هي وظيفة مريبة ملتبسة. فما سر توافق المؤسسات العمومية والخاصة هذا التوافق الظاهر حول ما يبدو أن ضره أكثر من نفعه؟ وما جواب ذلك سوى أن نقول إن من يكيلون تلك الاتهامات لا يدرون ما التكوين، وأنهم بكلامهم هذا يحصرون معناه في نصوص قانون يوليو ١٩٧١ وما تلاها، وأن تقييمهم إياه يعتمد بذلك على مدى الفارق مع الأهداف السياسية، لا على الدور الحقيقي الذي يضطلع التكوين به، والذي يُعَدُّ الارتفاع المطرد في أعداد طالبي التكوين دليلا على أهميته.

غير أن صوغ السؤال الذي يطرحه التكوين يظل رغم ذلك مهمة صعبة شاقة. أما دعوة الداعين - بإلحاح يزيد حدة يوما عن يوم - إلى انتهاج التقييم وتوسيع رقعته لتشمل المعنيين جميعا، فتبدو دليلا على هذه الصعوبة أكثر منها جوابا على ذلك السؤال. فهناك تصورات عدة عن التقييم لعل أقربها إلى الحصافة تصورٌ يرى أنها في واقع الحال شكل من أشكال تدبير التكوين. لكن من وما الذي يجري في الواقع تقييمه؟ هناك في هذا المجال طرائف نورد واحدة منها دليلا على

مدى تَعقُّد المسألة واستعصائها. فعند نهاية أحد التداريب التي دامت أشهرا، دعي المتدربون إلى تقييم التكوين الذي تلقوه. ولم يدخر القائمون على التكوين وسيلة – من استبيانات متعددة الصفحات وموائد مستديرة وتبادل للآراء بشكل موسع ومنظم – ولا سبيلا بدت لهم قمينة بتمكينهم من معلومات موثوقة تعينهم على تطوير آلية التدريب. وعند نهاية العملية، ما يدري كبير المدربين إلا وإحدى المتدربات – وكانت قد ربطت خلال التدريب صلات مهنية قوية مع نظرائها – تعلن خيبة أملها وعدم رضاها عن النتائج التي خلصت إليها من التدريب... ومرت الأيام، ووضع الزمن بلسمه العجيب على القلوب فأنساها جروحها، ثم جاء يوم وجد فيه الرجل بين متدربيه سيدة تعمل بالمؤسسة ذاتها التي تعمل بها زبونته الغاضبة، فما كان أشد عجبه وهو يسمعها تفضي إليه بأنها إنما شاركت في التدريب بناء على نصيحة تلك الزبونة، التي أكدت لها أن التدريب كان نقطة تحول مهمة في حياتها المهنية.

كيف يمكن تأويل مثل هذه الحادثة العادية في ظاهرها حد التفاهة؟ بالنسبة إلى من لا يدري شيئا عن الفوارق النفسية التي تبني العلاقات بين البشر ولا عن إمكانات التبادل المهمة التي قد تتيحها العلاقات التكوينية، فإنه من الممكن أن يجري تأويل الحادثة إياها على أنها فعل اضطهادي، وأن يقود تناقض الخطابين إلى إصدار حكم أخلاقي على الأشخاص عوض الحكم الموضوعي المهني الذي يستدعيه المقام. وإذا شئنا التعبير عن ذلك دون الإيغال في شرح هذا التناقض، قلنا إنها بالفعل حادثة عادية، إذ لا غرابة في أن يعلن المرء سخطه مما تلقاه، ولا في أن يعلن إن هو شاء رضاه عنه. وتلك مسألة من مسائل البنية النفسية يحسن أن يحاط مهنيو التكوين والقائمون عليه ببعض جوانبها علما. فالديباجة التي تُبنى عملية التقييم على أساسها قد صيغت، هي نفسها على أساس تصور عقلاني، وأُسلمت إلى أناس عقلانيين ليعملوا بها؛ ولا أدل على صعوبة ذلك كله من أنه استلزم بناءَ كائنٍ افتراضي خيالي لا أحاسيسَ ولا انفعالاتٍ له، اسمه الشخصُ

المكوَّن. ولئن كانت هذه الإجراءات تجد تبريرا في الرغبة في تحقيق أقصى حد ممكن من الفعالية في مجال التدبير، فإن الواقع أكثر تعقيدا من ذلك بكثير؛ وتماما كما هو الأمر بالنسبة إلى اختبار Alfred Binet في قياس الذكاء، يمكن القول إن التكوين هو ما تعنى إجراءات التقييم بقياسه.

لقد بلغ من استهانة القائمين على التدبير، استهانتهم بنتائج التقييم وقلة ثقتهم فيه، أنهم صاروا يعتمدون آليات قياس تزيد في كل يوم تعقيدا. غير أن هذا التركيز المبالغ فيه على التقييم يتمخض عن نتائجَ وخيمةٍ لا يُلقَى إليها في الغالب بال. فهو يفضي إلى إعطاء الأولوية لتصور إجرائي عن الفعل التكويني، يجعله في غالب الأحيان يرمي إلى تطبيق قواعد نمطية معينة أكثر مما يرمي إلى التكوين ذاته، إذ يصبح المطلوب هو القدرة على الاشتغال وفق توجيهات وأساليب مقننة، لا القدرة على التفكير العقلاني المتحرر.

وتتراءى خلف هذه الملاحظة ممارسة تدبيرية تنتقص من قدر التكوين، تمتطي متن خطاب يتوخى التحكم ويرتكز على منطوق خطابي بليغ يسمو إلى مرتبة الهدف المنشود من التكوين ذاته. ومن ذلك مثلا أن يُطلب من المرء أن يكون قادرا، بعد فترة تكوين جماعي تدوم يومين لا أكثر، على تدبير نزاع معين أو حتى تَحَمُّلِ عواقبه. وتبعا لذلك تمتزج الفعالية المطلوبة بالرغبة في الاستفادة من عائد الجهود المبذولة والأموال المستثمرة امتزاجا يجعل من الصعب التمييز بينهما. ولئن كانت تلك الرغبة مشروعة، فإنها لا تعدو في الغالب كونها تفضي إلى تعليم مختزل في مجرد جداول للمعلومات المطلوبة، يقوم في كثير من الأحيان حاجزا دون المعرفة الحقيقية.

غالبا ما يجري تقييم فعالية التكوين وفق معايير اقتصادية. وقد خصصت دراسات عديدة لهذا الموضوع واهتمت به مراكز بحث نذكر من بينها على سبيل المثال لا الحصر معهد الإحصاءات والدراسات الاقتصادية القومي بفرنسا

(INSEE)، الذي يؤكد الباحثون فيه أن آثار التكوين في الأرباح ضعيفة لا تكاد تذكر إن لم تكن منعدمة. ومثله ما يبينه باحثون آخرون من المعهد نفسه من أن آثار التكوين في الرفع من مستوى أجور العاملين هزيلة. وعلى العكس من ذلك، يذهب فريق بحث من إحدى الجامعات الباريسية إلى أن الاستثمار في مجال التكوين من شأنه أن يؤتي المقاولة قدرا من القيمة المضافة أكبر من الذي يؤتيه إياها البحث والتنمية معا. ويضيف تقرير الفريق مبرهنا على صحة ما ذهب إليه: "وقد خلص الباحثون في هذا الشأن إلى نتائج مماثلة في بلدان أخرى كالسويد وهولندا." وهو ما لا شك فيه، لكن باحثا آخر هو Joop Hartog، أستاذ الاقتصاد في جامعة أمستردام، يكتب في إحدى منشورات منظمة التعاون والتنمية الأوربية OCDE قائلا: "نحن لسنا على يقين من أن للتكوين فائدة يعود بها على النشاط الاقتصادي." ونحن إذ نسوق هذه المواقف المتناقضة المربكة، لسنا نبتغي من وراء ذلك الانتقاصَ من قدر الأبحاث الجادة التي أجريت في هذا المجال، بل ننشد فقط تبيان أن إنتاج المعارف لا ينبغي أن ينسينا الظروف التي أسهمت في إقامة تلك المعارف وإرساء أسسها. ولئن كانت معرفة الناس بالآثار الاقتصادية الناجمة عن جهاز التكوين المقام انطلاقا من ١٩٧١ معرفة ضعيفة - إن لم نقل إن آراءهم فيها متناقضة - فإنهم جميعهم يتفقون على شيء واحد، هو أن التكوين أمر ضروري لا غنى عنه. وهم إذ يقولون ذلك ينسون أن يضيفوا أنه مخيب للآمال؛ لكن إذا كان التكوين مخيبا للآمال، فذلك لأن الهدف المنشود من ورائه ليس هو الذي تتحدث عنه الخطابات المؤسسية، سواء منها الصادرة عن المقاولة والصادرة عن الدولة. ولا يعني ذلك أن التكوين عاجز عن الاضطلاع بدوره، بل فقط أنه لا يجوز أن نسند إليه دورا هو في الأصل دور المدرسة مستأنفةً بوسائل أخرى.

ولابد لتوضيح هذه النقطة الهامة من رجوعٍ إلى المسألة التي تطرحها العلاقة القائمة منذ قديم الزمن بين التكوين والمؤسسة.

المؤسسة

ينبني تفكيرنا حول المؤسسة انطلاقا من ممارسةٍ للتكوين طويلة. ونقصد التكوين بصفته وسيلة ممكنة لإنماء الكفاءات المهنية لدى الأفراد، لكننا نقصد منه أيضا وظيفة الممارسة الشكلية التي يضطلع التكوين بها في قيادة المشاريع وفي مجال النصح الموجه إلى المقاولات، وكذا في المواكبة المصاغة على القياس الشخصي، التي يستفيد منها مسؤولون حصلوا حديثا على ترقية في مجال عملهم أو كانوا على رأس مشروع معين أو وجدوا أنفسهم في مواجهة صعوبات خاصة. فأثناء التداريب، تلك الندوات التي تدوم سنة وربما أكثر، غالبا ما يلاحظ أن التساؤل الأول حول الكفاءة كثيرا ما يحجب شكوكا أعمق هي بالذات ما ينبغي للقائم على التدريب الإحاطة به إذا ما هو شاء بالفعل مَدَّ يد المساعدة إلى الشخص المتدرب. وتتخذ تلك الشكوك في الغالب صفة مخاوف حول المكانة التي يحتلها هذا الشخص أو ذاك داخل المؤسسة.

ولما كان لا بد لراغب في ممارسة فعل اجتماعي من هذا النوع من إحاطة على الأقل بمفاهيم من قبيل الذات واللاوعي، فإن مقاربتنا للمؤسسة وتنظيرنا لها سيستعيران بالضرورة بعض مفاهيم علم النفس التحليلي. والحق أن الوضع الخاص الذي يحتله هذا العلم مقارنة مع العلوم الإنسانية الأخرى التي تتوخى الواقع وتتعامل مع العقل الواعي، يتيح أن تُخضع للتفكير جوانب من مسألة التكوين لا تُخضعها له تلك العلوم.

لا وجود للمؤسسة إلا إذا قامت على أساس نص، أكان ذلك النص مدونا على شكل ميثاق أو دستور أم كان شفهيا في صفة نص سردي أو إعلان. ومن خاصيات هذا النص أنه يكون مجسَّدا، بمعنى أن هناك دائما شخصا يحتل مكان المبدأ الغائب، ويحمل بصفته تلك لقب الأمير أو الرئيس أو الرئيس المدير العام، لكن مكانه لا يكون شاغرا أبدا، فإن قيل مات الملك، قيل عاش الملك. ولا ترتبط المؤسسة بعد قيامها بحيز زماني معين، بل يظل وجودها قائما يمارس سيادته كاملة ما دامت المؤسسة تؤدي المهام والأعمال التي تأسست من أجلها.

ففيم تتمثل هذه الممارسة يا ترى؟ معلوم أن قوة النص تنقص بمرور الزمن، كما تضعف نجاعته في إنتاج معايير وفي الحفاظ على التماسك بين الأفراد الذين تجمع بينهم المؤسسة، مما يستدعي إعادة تأويله لإعطائه معنى جديدا يجدد قوته ويحفظ للمؤسسة وجودها. وتلك في الواقع وظيفة التدبير الإداري، ما لم يخطئ هذا التدبير تحديد ما يستمد منه مشروعيته. وانطلاقا من التأويل الجديد، يمكن تطوير مشاريع جديدة لا يُخشى أن تقف في سبيلها معوقات غير تلك التي تُعد ملازمة للعمل المؤسسي.

وإذ نولي هذه المكانة لميدان التدبير، فلأنه يمكِّن - إذ يمتطي متن السلطة - من ملامسة جوهر ما يجمع بين الذوات البشرية المنتمية إلى المؤسسة. ولنذكر أن لفظة Institutio اللاتينية تحتمل دلاليا معنيي التعليم والتأسيس، وهو ما يعبر عنه بوضوحٍ إضفاءُ صفة "مؤسس الحضارة اليونانية" على الشاعر المؤرخ هوميروس. فالمؤسسة في الواقع تضطلع من جهة بوظيفة بانية لذات الفرد تؤول إلى المعرفة، وهي من جهة ثانية - بفضل ما تؤمِّنه من طابع أزلي - تتيح تجاهل حقيقة الفناء التي تلزم كل واحد من الناس لا تغادر منهم أحدا.

لقد أحسن Michel Foucault شرح توزيع السلطة داخل المؤسسة، رغم أن السلطة تبدو ظاهريا كما لو أنها تتركز في المبدأ الغائب وحده. فنحن جميعا نساهم بشكل أو بآخر في ممارسة السلطة، لكن كيف؟ إذا نحن أردنا العودة إلى التقاليد الرومانية التي ظلت حية إلى القرون الوسطى، فإنه يَحسن التمييز، فيما تعلق بممارسة السلطة، بين ما هو عائد إلى ما سنسميه سلطة القرار والتدبير (potestas)، وما هو عائد إلى ما سندعوه سلطة الكفاية والأهلية (auctoritas). وعلى سبيل المثال، فإن السلطة المتمثلة في ممارسة التعيين داخل المؤسسة - أي القدرة المشروعة على وضع اسم شخص معين في خانة معينة تحدد المكان الذي سيشغله هذا الشخص داخل المؤسسة - هي من شأن سلطة القرار والتدبير، في حين أن ما سيعترف لذلك الشخص زملاؤه له به من كفاءة، هو أمر مرده إلى

سلطة الكفاية والأهلية. وبناء على ذلك، فإن الاعتراف بالكفاءة في إنجاز عمل معين – متى كان هنالك اعتراف – لا يعني أبدا الاعتراف بالشخص بما هو شخص، بل بما استطاع هذا الشخص الإبداء عنه للآخرين من معرفة لا يمتلكون مثلها. لكن المكان الذي يحتله شخص معين داخل المؤسسة هو مكان من شأنه أن يكون في أي وقت فارغا أو مفرغا (بسبب التسريح من العمل أو ما شابهه)، لأنه ليس من شأن المؤسسة أن تقبل بأن يكون وجودها رهينا بوجود هذا الشخص أو ذاك في هذا المكان أو ذاك، اللهم إلا إذا كانت تلك المؤسسة قد قررت أن تجري إلى حتفها بظلفها. ونستثني من ذلك بطبيعة الحال ما تعلق بالآباء المؤسسين، وهو ما يعبر عنه خير تعبير مثال مؤسسة Moulinex الفرنسية. ونتيجة لذلك، فإنه ما من شخص يحتل مكانا معينا إلا وهو قمين بأن يُستبدل به شخص آخر أو أن يستبدل به الفراغ نفسه، مما يضفي على كل وظيفة بعدا زمنيا ومكانيا يرتبط بالوظيفة ذاتها لا بالشخص الذي يحتل تلك الوظيفة.

إذا كان من شأن المؤسسة أنها تعيّن لكل فرد مكانا يحتله ووظيفة يضطلع بها، فإن من شأن الشخص ذي الإرادة الحرة أن يثبت أنه يمثل استثناءً خاصا، بمعنى أنه ليس محصور النفع في الوظيفة التي أسندت إليه، وأنه ليس بمقدور المؤسسة التي أسندت إليه ذلك الدور أن تسنده إلى من شاءت غيره من الناس. والاستثناء هنا لا يعني الانحراف عن المعايير المتعارف عليها ولا المروق من سلطة القوانين السائدة، بل يعني فحسب أن هناك مكانا ممكنا خارج ذي وتلك. ويضطلع التكوين بهذه الوظيفة بحكم كونه فترةً استثنائيةً بالنسبة إلى المقاييس المعيارية التي تقوم عليها المؤسسة، إذ إنه يتيح معالجة المفارقة التي يمكن صوغها كما يلي: كيف يمكن لأمر صادر عن سلطة القرار والتدبير، متمثلة في المؤسسة – أمرٍ يلزم ذاتا بشرية بأن تُكَوِّن نفسها حسب شروط دفتر التحملات الذي التزمت المؤسسة به – أن يبدو لتلك الذات دعوةً إلى تكوين نفسها حسب مقتضيات سلطة الكفاءة والأهلية؟ ومعلوم أن التكوين حسب مقتضيات سلطة الكفاءة والأهلية يعني

بناء معرفة وليس فحسب اكتناز معلومات. ذلك أن اكتناز المعلومات ليس كافيا لممارسة التدبير والقيادة، بل لا بد لأجل ذلك من المعرفة التي تمكن الذات من الكلام. والناظر في حالات أشخاص كان اللقاء بهم مؤثرا إلى درجة أنه جعل الآخرين يكتشفون لحياتهم هدفا جديدا ومعنى، يجد أن هؤلاء الآخرين حين يعترفون بدَينهم إنما يعترفون بكونهم قد التقوا ذواتٍ تتحدث باسمهم، وبكون الأثر الذي أحدثته تلك الذوات فيهم هو أثر الكفاءة والأهلية بما هي تحتل بالنسبة إليهم محل الحقيقة.

لذلك فإن التكوين أمر لا مناص للمؤسسة منه، لكونه يعيد تأويل النص المؤسس ويبث فيه الحياة من جديد ويفتح أمام أناسٍ قابلين لأن يُستبدل غيرهم بهم إمكانية أن يُكَونوا أنفسهم – بصفتهم ذواتٍ – تكوينا خاصا يستجيب لمقتضيات الكفاءة والأهلية، وأن ينموا طاقاتهم الرمزية. غير أن الأمر ليس بهذه السهولة؛ فلا جدال في أن التقييم – بما هو مفيد من حيث النية التي توجهه، وموغل في الوقت نفسه في الإفراط من حيث الطريقة التي يجري تطبيقه بها – يشهد أن سلطة القرار والتدبير ترفض تحمُّل لحظة استثنائية واحدة، لحظة من السيادة الممكنة لدى الأشخاص؛ لكن التقييم بالنسبة إلى الأشخاص لا يعدم أن يخلف تناقضا وجدانيا. ذلك أنه ما قام قانون إلا كان كل كائن بشري منتمٍ إلى مؤسسة معينة يجد نفسه حياله في وضع المذنب، ليس بمعنى أنه ارتكب خطأً ما – فذاك لو وقع لمثل مخالفة لها شأن آخر – بل بالمعنى الأول المستفاد من اللفظة، أي معنى الوضعية المعروفة باسم وضعية المدين (in culpa esse) تجاه المؤسسة، بدءا بالمؤسسة الأولى التي تمثلها الأسرة. وتلك حقيقة تؤكدها دراسات سوسيولوجية تهتم بموضوع التكوين أفضت إلى نتيجة مذهلة، مفادها أن الأُجراء المكوَّنين هم أقل حركية بعشر مرات من أمثالهم غير المكونين. وتخلُص هذه الدراسات إلى أن الأمر دليل على وجود خلل في آلية التكوين، بينما يمكن أن يرى فيه المرء تعبيرا عن العلاقة بين الذات والدين الذي على عاتقها، فإذا تعلق الأمر بالمعرفة، آلَ إلى الدين الرمزي الذي هو أكثر قسرا وإكراها بكثير من نداء الحركية. ونذكر بهذا

الصدد أن وجود هذا الدين تجاه المؤسسة غالبا ما يقوم عائقا دون سير العمل على الوجه الأمثل أثناء التداريب، وهو عائق يبقى قائما ما لم تبذل جهود لإزالته.

التكوين: مفهوم شائك ملتبس

من الممكن تَمَثُّل المفارقة التي تعانيها الذات بكونها تنتمي في الآن نفسه - وبطريقة لا يد للفرد في تقريرها - إلى تاريخ يؤسسها وإلى مؤسسة تؤرخ لها. وبتعبير آخر، فإن التمييز بين الفرد والمجموعة تمييزٌ لا حظَّ له من الصواب فيما تعلق بالذات البشرية في حال العمل. بل قل إن اللجوء إلى اعتماد هذا التناقض يُعمي عن التفكير مثلا في الآثار الوخيمة التي تنجم عن الطرد من العمل، سواء بالنسبة إلى الأجير المطرود أم بالنسبة إلى زملائه الذين لم يُطردوا. إن الذات البشرية تقع في منزلة بين منزلتين؛ وهذه العلامة المؤسسة - التي تعود إلى كون الإنسانِ ذلك الحيوانَ الناطق كما سماه أرسطو - هي التي تجعل الذات تقبل بالانشقاق الذي يحدثه فيها خطابها حين تتوجه به إلى ذات أخرى، إذ تضحي في منزلة وسط بين دالين لا يستطيع أي منهما أن يؤتيها هوية نهائية، أي أن يُشَيِّئها، أن يجعل منها مدلولا معينا. وبناء عليه، فإن المدلول سيكون هو ذلك الشخص الذي يُعَرِّف نفسه بصفته غير قابل للانشقاق، والذي لا تخطئه العين، أعاملَ إنتاجٍ كان أم أجيرا أم إطارا. ذاك هو السبب في ما تحرص المؤسسة عادة على إبقائه قائما من مسافة بينها وبين الذوات.

وهذه نقطة بالغة الأهمية، لكونها تفرغ فكرة البيشخصية (وجود اتصال بين شخصين) من كل معنى، كما تجرد من الصحة الانتقادات التي تكال في العادة للذات بوصفها، حسب تلك الانتقادات، مستفيضة بنفسها، مكتفية بها، بل قادرة مقتدرة، لا بل ومسؤولة عن مآسي القرن العشرين جميعا. إن كون علم النفس التحليلي مختلفا عن باقي علوم الإنسان هو ما يجعله يتيح للمرء إمكانيةَ أن يتصور

أنه لا وجود للبيشخصية، وهو تصور تنجم عنه نتيجة بالغة الأهمية فيما تعلق بتحليل علاقات العمل، إذ في الفارق الذي يفصل بناء على ذلك بين الذات وبين ما يمثلها بالنسبة إلى ذات أخرى تكمن إمكانية كل اعتراف بالكفاءة. وهذا يسمح لي بالمجازفة بتعريف مفاده أن ما توصف به كل ذات من كفاءة ما هو إلا فرضية لا تتحقق سوى عبر خطاب ذاتٍ غيرِها، وأن الكفاءة ينبغي لذلك أن تُعد عنصرا بانيا للرابطة الاجتماعية داخل المؤسسة.

غير أن تعبير "الرابطة الاجتماعية" ينبغي أن لا يفهم منه غير ما يضع الذوات في وضعية علاقة خطابية ممكنة. فالمعرفة التي يتيح التكوين بناءها ليس الهدفُ منها تقريبَ الذوات بعضها من بعض، بل إبعادَها عن بعضها وبَثَّ جذور الفرقة فيما بينها (بمعنى أن المعرفة فردية، في حين أن المعلومات يمكن اقتسامها). فالمعرفة هي ما يميز ذاتا معينة عن غيرها من الذوات اللواتي لهن معرفة مختلفة. وإذا كان التكوين يُعدُّ بالفعل ممارسة للسيادة، فإنها سيادةٌ تتميز بكونها تبرز بعمق محدوديةَ قدراتِ الكائن وطاقاتِه، وتجعله يلمس حدود معرفته.

ما التكوين في حقيقة الأمر إلا فترةُ اجتناءٍ لتجاربَ مشتركَةٍ، يجمع بينه وبين البحث ما يتطلبه من المشاركين فيه من استعداد. غير أن الغاية من التكوين هي بناءُ معرفةٍ تميز الكائن البشري عن غيره من البشر، إذ تضعه في موقع يوجب عليه أن يرى فيه نفسه وحيدا في مواجهة الآخرين إن هو شاء أن يبتكر في مجال عمله وأن يجدد.

كان Sigmund Freud يرى في المعرفة – مضيفا إليها غريزة المراقبة – اندفاعا غريزيا نحو الفناء، أو على وجه أدق من حيث التخلي الغريزي، تحويلا جزئيا أو كليا لغريزة الفناء. ولذلك فإنه لا يمكن اختزال التكوين في نقل المعلومات وحده، وهو الذي يراد منه الهدم قبل إعادة البناء، وذاك نفسه ما كان قد أشار إليه Joseph Schumpeter في سياق آخر حين تحدث عن مفهوم الهدم البنّاء بما هو

محرك للتجديد. فلا جدال في أن التكوين في جانب منه هو نقل للمعلومات، لكن دوره الأساس يتمثل في كونه يُقَعِّد لتجربة معرفية.

ينحو اقتصاد المعرفة اليوم نحو إيقاع يحدده منطق السوق والمنافسة، إذ أصبحت سرعة الاتصال وقوته – ونعني بالاتصال communication هنا ما يعرّفه Régis Debray بأنه نقل المعلومة عبر الفضاء، في مقابل التحويل transmission الذي يعني نقل المعلومة عبر الزمن – أصبحت سرعة الاتصال هذه عنصرا بانيا بالنسبة إلى المؤسسات. فالوصول قبل الآخرين إلى سوق معينة يعني في أحسن الأحوال إشباع السوق وإغراقها، وفي أسوئها اقتطاع ما يكفي منها لجعل المنافس أو المنافسين عاجزين عن جني أدنى ربحٍ مما استثمروه. ولذلك فإن الإيقاع الذي تضعه كل مؤسسة نصب أعينها وتسعى إلى بلوغه يتلخص في تجميع قدر من المعلومات يسمح بإرضاء الطلب الوارد على تلك المؤسسة. فالوقت ليس وقت بناء معرفة، ولَأَنْ تنقص المرءَ معلومةٌ أو معرفةٌ تكفي لحظاتٌ من البحث بين خيوط الشبكة المعلومياتية لإيتائه بها، فذاك أمر لا شأن له بتجربة التكوين.

إن الرغبة في جعل العلوم الإنسانية تتخذ في تطورها مسارا شبيها بمسار العلوم الطبيعية، قد أفضت إلى الصعوبة المتمثلة في كون الآليات والأجهزة المعنية بدراسة الكائن البشري تنتهي في آخر المطاف إلى النظر إلى الحيوان الناطق بصفته موضوعا يمكن اختزاله في مدلول. وتلك مسألة – أو بالأصح مَفسَدَةٌ – يجدر بمحترفي التربية أن يحذروها وأن يولوها بالغ الاهتمام، نظرا لأنهم بحكم عملهم يكونون في علاقة مع كائنات بشرية.

لقد كانت نقطة انطلاق حديثنا هذا كلمات استعرناها من الكاتبة Marguerite Duras. وسننهي الحديث بكلمات أخرى نستعيرها من رواية Candide للكاتب الفرنسي Voltaire، إذ يقول البطل: "لنعملْ دونما إغراق في الاعتبارات المنطقية،

فتلك هي السبيل الوحيدة لجعل الحياة محتملة". ولنختمْ بالتذكير بأن التكــوين ومــا يوليه إياه ميدان اشتغاله من مكانة كريمة، يتيح لنا أن نقلب معنى هذا التعبير قلبــا لسنا نظن الكاتب الفرنسي الكبير لو كان اليوم بيننا إلا موافقا إيانا عليــه، فنقــول: "لنعشْ وفق مبادئ المنطق السديد، فتلك هي السبيل الوحيدة لجعل العمل محتملا."

مراجع

BATAILLE (G.), *Œuvres complètes*, Paris, Gallimard, vol. V, 1973, 583 p.
CARRÉ (Ph.), CASPAR (P.) (dir.), *Traité des sciences et des techniques de la Formation*, Paris, Dunod, 1999, 512 p.
CASTELLS (M.), *La société en réseaux*, Paris, Fayard, 1998, 446 p.
LECLAIRE (S.), *Écrits pour la psychanalyse*, 2 : *Diableries*, Paris, Seuil, coll. Arcanes, 1998, 312 p.
LEGENDRE (P.), *Sur la question dogmatique en Occident*, Paris, Fayard, 1999, 370 p.

نفقات التربية: معضلة بين إرادة الإنصاف وهاجس الفعالية [٣]

بقلم فرانسوا أوريڤيل

François ORIVEL

لقد طفق علماء الاقتصاد يولون التربية اهتماما جديا منذ أربعين عاما خلت، حين شرعوا في دراسة مردودها الاقتصادي الذي بدا لهم إذاك ملموسا على مستويين، أولهما مستوى الأشخاص الذين استفادوا من التربية – والذين يكون متوسط ما يجنونه من أرباح طيلة حياتهم أهم من متوسط ما يجنيه أمثالهم ممن لم يتح لهم الحظ نفسه من التربية – وثانيهما مستوى المجتمع في عمومه. وقد بينت التجربة أن ما تبذله الأمم من جهود في تربية مواطنيها يؤتي أكله في صورة معدلات نمو اقتصادي أعلى من نظيراتها لدى الأمم التي تباطأت في ذلك. وقد استمر هذا الاتجاه في البحث طيلة أربعين عاما كانت النتائج المستخلصة خلالها بانتظام هي هي لا تتغير. غير أنه إذا كان علماء الاقتصاد يكادون يجمعون على كون التربية ضرورية لسير التنمية الاقتصادية في المجتمعات، فإنهم يختلفون حول عدد من المجالات الفرعية، من قبيل توزيع الموارد المخصصة للتربية توزيعا أمثل بين مختلف الفاعلين، وتحليل نجاعة النظم التربوية، ومدى نجاح السياسات التربوية في جعل التربية في متناول الجميع بطريقة عادلة منصفة.

إن غايتنا من هذا الحديث هي إيضاح القضايا الواردة في النقاش ما استطعنا إلى الإيضاح سبيلا، ذلك أن المشاكل التي تواجهها النظم التربوية عبر العالم هي من مشاكل الساعة، وستظل كذلك زمنا طويلا. فهناك مليار إنسان بالغ عبر العالم

---

(٣) نص المحاضرة رقم ٢٤٣ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٣٠ أغسطس ٢٠٠٠.

يعانون من الأمية، وأكثر من مائة مليون طفل لا يجدون طريقهم إلى المدرسة، كما أن فتح إمكانات التمدرس أمام الناس بطريقة ديمقراطية ليس في الغالب إلا ظاهرا تكذبه الحقائق.

سأتناول بالتتابع مسألتين متعلقتين بهذا الموضوع، أولاهما تساؤلٌ حول التمويل مفاده: من يمول التربية، وما مقدار ما يدفعه الممولون، وكيف تطور هذا التمويل عبر الزمان وعبر المكان؟ وأما الثانية، فتساؤلٌ حول الفوارق القائمة بين الأشخاص وبين الفئات الاجتماعية وبين الدول: هل يضيق شقها أم هل يتسع؟ وسنعتمد لأجل الإجابة عن هذه الأسئلة على المعطيات الإحصائية المتوفرة، نظرا لأننا لا نجد من المعلومات على المستوى العالمي ما يكفي لتقييم الوضع بصفة شاملة. ولهذا السبب، فإن التحليلات التي نقترحها هنا ستنطلق في بعض نقاطها من حالات بلدان معينة، على رأسها حالة فرنسا. فالفوارق الاجتماعية فيما تعلق بالتربية قد تناقصت في الدول المتقدمة إلى درجة تجعلها تبدو غير ذات بال إذا ما هي قورنت بتلك التي يعاني منها الأطفال في البلدان الأشد فقرا بالنسبة إلى أقرانهم في البلدان الأكثر غنى.

موارد تمويل التربية: تطور مساهمات أهم الممولين

يمكن التمييز عموما بين ثلاثة موارد - هي الدولة والأسرة والمقاولات - لتمويل النظم التربوية، يعد التمويل العمومي الذي تتكفل به الدولة أهمها شأنا وأبعدها أثرا. ولئن كان للكنيسة فيما مضى - والأسرة أهم مصادرها المادية - دورٌ في تمويل التربية لا تنكر أهميته، فإن ذلك النظام التربوي كان يقضي على فئة من الأطفال بالبقاء خارج دائرة التمدرس، حيث استدعى الأمر اللجوء إلى فرض التعليم جبرا لا اختيارا، وإصدارِ قوانين تعاقب كل من يتخلف ابنه عن المدرسة، لأجل محو هذه الفوارق وتعميم التربية بين الأطفال جميعا. وقد أصبح الدولة تتحمل نصيبا كبيرا من تمويل التربية منذ الساعة التي صار فيها التعليم

إجباريا، حيث إن قوانين Jules Ferry الصادرة في مستهل القرن العشـــرين فـــي فرنسا مثلا تنص في الآن ذاته على إجبارية التعليم وعلى مبدأ مجانيته.

كان ذلك تأسيسا لمبدأ اضطلاع الدولة بأهم حصة في تمويل التربية، وهـــو مبدأ اتفق أن تدعم بمرور الزمن، لكن دون أن يكون هناك ما يفرض تطبيقه أيضا على التعليم ما بعد الإجباري، مما جعل هذا الأخير يتطور بطرق مختلفة باختلاف البلدان. فهناك إلى اليوم بلدان لا تزال فيها مستويات التعليم غير الخاضـــعة لمبـــدأ الإجبارية تعتمد أكثر ما تعتمد في تمويلها على موارد غير عموميـــة، فـــي حـــين اختارت بلدان أخرى تعميم مبدأ المجانية ليشمل مستويات التعليم جميعهـــا، وهـــو اختيار أملته بالأساس الرغبة في تحقيق قدر من الإنصاف، كيلا يضطر التلاميـــذ المنحدرون من أسر فقيرة إلى الانقطاع عن الدراسة عجزا عن تسديد مصاريفها.

تطور التمويل العمومي

في بعض البلدان المتقدمة، تتيح الدراسات الكمية التي أجريت في الماضـــي الاطلاعَ على التطور الذي شهده الإنفاق العمومي في مجال التربية على مدى فترة طويلة. أما على المستوى الدولي عموما، فإنه لم تتـــوفر حـــول هـــذا الموضـــوع معطيات تكاد تكون شاملة إلا مع بداية الستينات، وذلك بفضل قســـم الإحصـــاءات باليونسكو، الذي ينشر دليلا دوليا سنويا حول التربيـــة، متضـــمنا فيمـــا يتضـــمن معلوماتٍ ومؤشرات مالية.

في عام ١٩٦٠ إذن، أنفق العالم مـــا مقـــداره ٩٥ مليـــار دولارا (بالســـعر الجاري وقتذاك) مصاريفَ عموميةً عالقةً بالتربية. وقد انتقل هذا الرقم إلى ١٤٠٠ مليار دولار (بالسعر الحالي) عام ١٩٩٥، أي ما يعادل سابقه خمس عشرة مـــرةً. على أن الارتفاع يبقى على ضخامته نسبيا، إذا ما أخذنا في الحسبان غلاء أثمـــان الوسائل التربوية نفسها، والارتفـــاع الكبيـــر الـــذي شـــهدته أعـــداد الأشـــخاص المتمدرسين، إذ انتقل عددهم من ٣٠٠ مليون شـــخص عـــام ١٩٦٠ إلـــى ١٢٠٠ مليون عام ١٩٩٥.

ذاك ما جعل علماء الاقتصاد يطورون مؤشرات أصدقَ أنباءً من مجرد الأرقام، وبخاصة منها المؤشر الذي يسجل نسبة ما تنفقه كل دولة من ناتجها الداخلي الخام في مجال التربية، وهو مؤشر يبين الأولويات الحقيقية التي يضعها الفاعلون وأصحاب القرار نصب أعينهم. فخلال السنوات الخمس والعشرين التي تلت انتهاء الحرب العالمية الأولى، ارتفع هذا المؤشر بسرعة من ٢% إلى قرابة ٥% على المستوى العالمي. غير أن ذلك الارتفاع صاحبَه تَباينٌ متزايد واتساعٌ في الفوارق القائمة بين البلدان المختلفة. أما الفترة التي جاءت بعد ذلك، فقد شهدت تحولا مغايرا؛ فمن جهة، بقي المؤشر عند معدل ٥ بالمائة لا يكاد يتحول عنه، ومن جهة أخرى، اتجهت المعدلات بين البلدان المختلفة إلى التقارب، بمعنى أن المؤشر سجل بعض الارتفاع الطفيف لدى الدول التي كان معدله فيها أقل من المعدل العالمي، في حين عمدت دول أخرى كان معدلها عاليا إلى الخفض من جهودها في هذا المجال، إذ عاد المؤشر في الدول الغنية التي كان معروفا عنها أنها تبذل جهودا تفوق المعدل العالمي – ومنها الدول الاسكندنافية وهولندا وكندا – لينخفض مقاربا ذلك المعدل. غير أن الفوارق تبقى رغم ذلك كله كبيرة بين الفقير من البلدان والغني.

لقد أتى على الدول الخارجة من تحت مظلة الاتحاد السوفييتي السابق زمن كانت فيه على رأس قائمة الدول الأكثر كرما فيما تعلق بالتمويل العمومي للتربية، إذ كان مؤشر الإنفاق فيها يفوق المعدل العالمي بخمسين في المائة. غير أن ذلك المؤشر عاد بعد التحول الذي شهدته تلك البلدان في بداية عقد التسعينات لينحدر مقاربا المعدل العالمي بل ومنخفضا عنه أحيانا. أما بلدان أفريقيا جنوب الصحراء التي شهد الإنفاق فيها انتكاسا أثناء فترة الثمانينات التي بلغت خلالها أزمة المالية العمومية في تلك البلدان أوجها، فإنها تعد اليوم بين أكثر المناطق النامية إنفاقا على التربية. غير أن هذه البلدان هي في الآن ذاته من بين أكثر بلاد العالم تأخرا فيما تعلق بحظوظ الناس في ولوج المدارس، وهو ما لا يترك مجالا لافتراض أن التأخر في هذا الميدان يعود بالأساس إلى ضعف نسبي في الجهود المبذولة.

وقد اجتهدت بلدان أمريكا اللاتينية خلال الفترة ذاتها، ومثلهــا بلــدان آســيا الجنوبية، في الالتحاق بركب الدول الغنية في هذا المجال. أمــا فرنســا، فتشــير إحصائيات منظمة التعاون والأمن الأوروبية إلى أنها رفعت معدل ما تنفقــه مــن عائدها القومي الخام على التربية من ١،٥ بالمائة عام ١٩٩٠ إلى ٨،٥ بالمائة عام ١٩٩٧، وهو ما يجعلها متقدمة بكثير على دول مثل الولايات المتحــدة الأمريكيــة (٥،٢%) والمملكة المتحدة وإيطاليا (٤،٦%) وألمانيا (٤،٥%) واليابان (٣،٦%).

تطور التمويل الخاص

لا يتوفر إلا القليل من المعلومات عن التمويــل الخــاص مقارنــة بنظيــره العمومي. فقليلة هي الأمم التي فكرت في إقامة نظام إحصائي لرصد هذا النوع من التمويل بدقة وانتظام مثلما هو الشأن بالنسبة إلى التمويــل العمــومي. أمــا دليــل اليونسكو الإحصائي، فلا يعرض لهذا الموضوع مطلقــا؛ وأمــا منظمــة الأمــن والتعاون الأوروبية، فقد حاولت منذ ١٩٨٧ أن تحل هذه المشكلة بالنسبة إلى الدول التسع والعشرين المنخرطة فيها. ويتبين من استقراء النتائج المحصــل عليهــا أن التمويل الخاص يمثل ما يعادل ١،٢% من الناتج الداخلي الخام في البلدان المعنية. ومعنى ذلك أنه إذا كانت دول منظمة الأمن والتعاون تنفق في المعدل نحو ٦،١% من ناتجها الداخلي الخام على التربية، فإن القطاع العمومي يضــطلع بمــا يعــادل ثمانين في المائة من تلك النفقات، في حين يضطلع القطــاع الخــاص بالعشــرين الباقية.

غير أن الفرق بين معدلات الإنفاق الخاص لا ينحو نحو التقلص مثلما هــو الحال بالنسبة إلى معدلات الإنفاق العمومي، بل إن الفرق بين بلد وآخر لا يفتأ يزيد اتساعا. فإيطاليا مثلا لا تخصص سوى ٠،١٥% من الناتج الداخلي الخام للإنفــاق الخاص على التربية، في حين نجد أن بلدا مثلا كوريا يخصص للغاية نفســها ٣% من ناتجه، أي أن هذا البلد يبذل نسبيا جهودا تفوق بنحو عشرين ضعفا مــا تبذلــه

إيطاليا. والناظر في الأمر يجد أن هناك نوعين مختلفين من السلوك في هذا المجال. أما النوع الأول فيتميز بإنفاق خصوصي هام على المستويات غير الإلزامية من التعليم، أي السلك الثاني من التعليم الثانوي وكذا التعليم العالي. ومن الدول التي تنتهج هذا السلوك، عدا كوريا، هناك اليابان والولايات المتحدة الأمريكية وأستراليا واليونان، التي تخصص ما بين ١،٥% و٣% من ناتجها الداخلي الخام للتمويل الخاص. أما ألمانيا فتمثل حالة شاذة، حيث إن الإنفاق الخاص على التربية فيها مرتفع أيضا، بيد أن مصدره ليس الأُسَر، بل هو يقتطع من أموال المقاولات لأجل توفير تكوين مهني للعاملين لديها. ولا بد من الإشارة هنا إلى أن النظام المتبع في ألمانيا، رغم استثارته إعجاب بعض الناس أو حتى غِبطَتهم، لا يجد من بين دول العالم من يقلده، مما يثير بعض الشكوك حول مدى نجاعته.

أما المجموعة الثانية من الدول، وهي أكبر عددا من سابقتها بكثير، فلا تعتمد إلا قليلا على مصادر التمويل الخاصة، إذ لا يتجاوز نصيب هذا النوع من التمويل ٠،٣% من ناتجها الداخلي الخام، أي جزءا من خمسة عشر من مجموع النفقات العمومية، في مقابل معدل يناهز الربع بل ويجاوز الثلث أحيانا لدى المجموعة الأولى. وتنتمي فرنسا إلى هذه المجموعة الثانية، حيث تحتل مكانا وسطا بين الدول. ونشير هنا إلى أن الخط الفاصل بين المجموعتين لا يضع كما العادة نموذجا "أنغلو سكسونيا" في مقابل النموذج اللاتيني. فالمملكة المتحدة وهولندا والدول الاسكندنافية وكندا توجد جميعها في المجموعة التي تنتمي إليها فرنسا، في حين نجد أن دولا مثل اليونان واليابان وكوريا تشترك في كونها من أنشط الممولين، في حين لا يمكن تصنيفها في التيار الأنجلو سكسوني.

تخص هذه النتائج التي ذكرنا دول منظمة الأمن والتعاون الأوروبية، أي تقريبا الدول المتقدمة، مع استثناءات قليلة. فهل يصح تعميمها على الدول النامية، التي تمثل أربعة أخماس سكان الأرض؟ لقد طلبت بعضها المشاركة في عملية

المقارنة التي تجريها منظمة الأمن والتعاون الأوروبية، وجاءت النتائج لتبين أن نسبة الإنفاق الخاص على التربية في بلد كالهند مثلا لا تتجاوز ٠،٠١% من الناتج الداخلي الخام، بقطع النظر عن التعليم الجامعي، ومثل الهند ماليزيا بنسبة ٠،٣٢%. أما الصين، فرغم أنها لم تشارك في برنامج منظمة الأمن والتعاون، إلا أنه من المعلوم أن مستوى الإنفاق الخاص على التربية فيها منخفض. ويتضح من الحصيلة أن البلدين الأكثر سكانا بين بلاد العالم (إذ يضمان أربعين في المائة من سكان الأرض) قد اختارا نظاما يضطلع فيه التمويل العمومي بأوفر نصيب من الإنفاق على التربية. على أن هناك دولا أخرى من خارج منظمة الأمن والتعاون يبلغ معدل الإنفاق الخاص لديها معدلات أعلى بكثير، منها التشيلي (٢،٥% من الناتج الداخلي الخام) وإسرائيل (١،٧٢%) والفلبين (١،٤٢%).

أما باقي دول العالم النامي، فإن المعلومات المتوفرة عنها في هذا المجال ناقصة لا تفيد بشيء. إلا أن المعطيات المستخلصة من بعض الدراسات التي أجريت حول مداخيل الأسر ونفقاتها، والتي تأخذ بالحسبان ما تنفقه تلك الأسر على التربية، تتيح للباحث أن يقيم الوضع تقريبا بالنسبة إلى البلد كله. وأهم ما يمكن استخلاصه من تلك المعطيات ملاحظتان، أولاهما الفرق الشاسع بين ما تنفقه الأسر الغنية على التربية وما تنفقه الفقيرة، وثانيتهما أن نسبة الإنفاق على التربية في تلك البلدان تبقى على العموم منخفضة جدا، إذ تقل عن ١% من الناتج الداخلي الخام. وتتيح الدراسات التي أجريت مؤخرا في البلدان الخارجة من تحت مظلة الاتحاد السوفييتي السابق – حيث ألحق انهيار الميزانيات العامة ضررا بالغا بالإنفاق العمومي على التربية – تكوين فكرة واضحة عن هذا الموضوع، إذ يتضح منها أن التمويل الخاص لم يسارع بالاضطلاع بما عجزت الميزانية العامة عنه. ولئن كانت مساهمة الأسر قد ارتفعت – وبخاصة لدى المنتمية منها إلى طبقة الأغنياء الجدد – عما كانت عليه من قبل، فإن هذا الارتفاع لم يكن ليعوض النقص الذي أصاب مصادر التمويل العمومي. والخلاصة أنه يمكن القول مجملا، رغم نقص

المعطيات الإحصائية، بأن مبدأ اضطلاع التمويل العمومي بأوفى نصيب من الإنفاق على التربية يسري أيضا في البلدان غير الأعضاء في منظمة الأمن والتعاون الأوروبية، أي أنه قد أضحى مبدأ عالميا.

هل هناك صراع بين الفعالية والإنصاف ؟

يتحدد معنى الإنصاف ومداه دائما بالنسبة إلى موضوع معين. أما في حال التربية، فإن الحديث عن الإنصاف يأخذ في الحسبان موضوعين. أما الأول فيتعلق بالسؤال عن الوسائل: هل يتاح للأفراد أن ينالوا جميعا نصيبهم، وبتساوٍ مع الآخرين، من الوسائل العمومية في النظم التربوية؟ وأما الثاني، فيتعلق بالسؤال عن النتائج: هل يتمتع الأفراد جميعا بحظوظ متساوية في تحصيل المستوى المنشود من الكفاءة الدراسية؟

فيما تعلق بالنقطة الثانية، فلا أحد يجهل أن الحظوظ أبعد ما تكون عن التساوي، ولا أحد يمكنه إنكار أن الوصفة السحرية الكفيلة بتحقيق ذلك ما زالت لم تُخترع بعد. وكل ما يمكن قوله في هذا السياق أن النظم الدراسية تخرِّج على وجه العموم في بلدان العالم جميعا ثلاثة أصناف من الناس. فهناك في أدنى الترتيب مجموعة من الأفراد تتراوح نسبتها إلى فئتها العمرية ما بين ١٠ و٢٠ في المائة في البلاد المتقدمة – وقد تتجاوز ذلك بكثير في الدول النامية – ليس لها اطلاع كاف على المبادئ الأساس من المعرفة، من قبيل القراءة والكتابة والحساب. وهناك في أعلى القائمة مجموعة تمثل نحو ٥ في المائة من فئتها العمرية، قد حصلت على الشهادات المطلوبة في سوق العمل، فضمنت لنفسها بذلك مكانا بين المحظوظين (وتتضمن هذه المجموعة بالنسبة إلى أغلب البلدان خريجي الجامعات وحاملي الشهادات في التخصصات المرموقة، وتتضمن بالنسبة إلى فرنسا خريجي كبريات المدارس وحاملي بعض الشهادات الجامعية). وأما المجموعة الثالثة التي تقع في الوسط، والتي تمثل النسبة العظمى من كل فئة عمرية، فتتكون من أفراد

خرجوا من دراستهم بشهادة متوسطة تتيح لهم الحصول على مكان متواضع في سوق الشغل، مع إمكانية الإفادة في حياتهم اليومية مما تعلموه في المدرسة، وإمكانية تطوير أنفسهم مدى الحياة حسب حاجات كل منهم واختياراته. ولا حاجة إلى القول إن المجموعات الثلاث هي أبعد ما تكون عن التساوي. وقد لجأت بعض الدول، رغبة في تحقيق قدر أكبر من الإنصاف بين هذه المجموعات، إلى انتهاج سياسات تهدف إلى تقليص حجم المجموعة الأولى، مجموعة التلاميذ ذوي المستوى الضعيف، وذلك عبر ما يعرف بسياسة التمييز الإيجابي، المتمثلة في إيتاء هؤلاء التلاميذ قدرا أكبر من الوسائل لمساعدتهم على التغلب على الفشل، وهو ما يعني بالنسبة إلى هذه المجموعة انتقالا من حال الإنصاف في ما تعلق بالحق في استعمال الوسائل إلى حد أدنى من الإنصاف فيما تعلق بحق الحصول على نتائج مرضية. لكن هذه السياسات قلما آتت ما ينتظره منها واضعوها من أُكل. فالتنوع الكبير فيما بين التجارب التي تخوضها في هذا الشأن مختلف الدول يدل على أن السبيل لم يتضح بعد، بيد أن كون هذه الفئة أقل عددا في بعض الدول منها في غيرها يدل على أن هناك أملا في تحقيق بعض التقدم مستقبلا.

أما بخصوص الولوج في صفوف النخبة، فالملاحظ في أكثر البلدان أن ذلك يكون في الغالب أقرب متناولا متى كان التلميذ منحدرا من أسرة تنتمي إلى تلك الفئة منه حين يكون من أسرة عادية، وذلك كما نرى أبعد ما يكون عن الإنصاف. والأسباب على العموم معروفة، وهي تعود إلى كون الأسر المنتمية إلى النخبة أكثر تمسكا بالقيم المدرسية وأحسن اطلاعا على المسالك الدراسية المختلفة وأقدر على اختيار أفضلها مردودية وعلى تقديم الدعم الدراسي المنزلي الكافي وما إلى ذلك. ولو شئنا أن نحقق الإنصاف بتمكين المجموعة الكبرى الموجودة في الوسط من حظوظ تماثل الحظوظ المتوفرة لدى الأسر المنتمية إلى النخبة، لأفضى ذلك إلى إثقال كاهل الميزانية العمومية بما لا يطاق، علما أنه ليس من المؤكد مطلقا أن يحل ذلك ولو جزءا من الإشكال، إذ لا شك أن الأسر المترفة ستبذل عند ذلك ما في

وسعها من جهد للإبقاء على وفرة الحظوظ التي تتمتع بها. نحن إذن أمام صراع حقيقي بين الفعالية والإنصاف، قد لا يكمن دواؤه في محاولة إصلاح الأنظمة التربوية، بل في العمل على تغيير السبل التي يجري عبرها إدماج الخريجين في سوق الشغل، أو الدور الذي ينيطه المشغلون بالشهادة والقيمة التي يؤتونها إياها، أو ما يريد المجتمع أن يسنه لنفسه من سياسات في إعادة توزيع الموارد.

ويبقى أن نتحدث عن الإنصاف فيما تعلق بالحق في الاستفادة من الوسائل العمومية.

عندما كانت مدة التمدرس تختلف من شخص إلى آخر اختلافا كبيرا – مثل الاختلاف بين من كان يغادر المدرسة عند نهاية المرحلة الابتدائية ومن كان يتابع دراسته حتى يدخل الجامعة – فإن الفرق في الاستفادة من تلك الوسائل كان في بعض الأحيان شاسعا، من قبيل نسبة ١ إلى ٤. أضف إلى ذلك أن حظوظ الولوج في طبقة النخبة كانت أوفر بالنسبة إلى من يتابع دراسته طويلا منها لدى من ينقطع عنها باكرا، وهو ما يحّيلنا إلى ما ذكرناه أعلاه مما للمدرسة من دور في إعادة توزيع الموارد.

واليوم فإن هذه الصورة لا تزال قائمة، وإن كانت حدة الفرق قد خفت إلى حد بعيد. ففي فرنسا مثلا، لا يغادر أغلب التلاميذ المدرسة قبل سن الثامنة عشرة، وهي سن يكونون فيها قد استفادوا – إن نحن احتسبنا التعليم ما قبل المدرسي – مما يقارب ستة عشر عاما من التمدرس. ونصفهم يستفيد بعد ذلك من أربع سنوات إضافية أو على الأقل من اثنتين حسب نوع الدراسة الجامعية التي يختارها، وهي سنوات لا تكلف الميزانية العامة في تلك الدول أكثر من معدل ما تكلفه مثيلتها في السلك الثاني من الثانوي. فإذا نحن اتخذنا معدل ثلاث سنوات إضافية قاعدةً، نجد أن الفرق بين المجموعتين لم يبق نسبة ١ إلى ٤ كما كان، بل أضحى أقرب إلى نسبة ١ إلى ٢. أضف إلى ذلك عاملا يقلص في الغالب من الفارق، يتمثل في كون النصف الذي نال أقل حظ من التعليم يكون مهددا أكثر من غيره بتكرار القسم،

وإذن باستهلاك قدر أكبر من الموارد العمومية، ناهيك عن المصاريف الناجمة عن بعض المساعدات الخاصة بالأطفال المعوزين، من قبيل مساعدات الدخول المدرسي والمنح الدراسية وما جرى مجراها. وأخيرا، فإن التلاميذ الذين نالوا أقل حظ من التعليم غالبا ما ينخرطون في الشعب التقنية والمهنية، وهي شعب تكون كلفتها عادة أكبر من كلفة غيرها من شعب التعليم العام التي ينخرط فيها غيرهم من التلاميذ المرشحين لمتابعة دراستهم لمدة طويلة. والخلاصة أن الفوارق ما زالت قائمة، وإن يكن لا جدال في أن حدتها قد خفت عما مضى بكثير. أما مظهر الظلم الصارخ الذي لم يسع أحد إلى القضاء عليه، فيخص المجموعة الصغيرة المرشحة لاحتلال مكان في سوق النخب، إذ تستفيد هذه المجموعة من وجهين من وجوه الإنفاق العمومي تكلفتهما أكبر بكثير من تكلفة ما هو متاح لعموم الطلبة، ونعني الأقسام التحضيرية لولوج مدارس المهندسين، ومدارس المهندسين ذاتها، وهي مسالك تتمتع بموارد مالية ليست متاحة لغيرها من المؤسسات الجامعية، إذ قد يبلغ الفرق الضعف فما فوق عن كل طالب.

وليس الوضع في باقي بلدان أوربا بمختلف عنه في فرنسا. أما في اليابان والولايات المتحدة الأمريكية، فإن الأسر تسهم بنصيب أوفر في نفقات التربية من نظيرتها الأوروبية، وهو ما يعني تقليصا للفوارق في استعمال الموارد بين من يتابعون دراستهم طويلا ومن ينقطعون عنها باكرا. ومن جهة أخرى، فإن الأسر الغنية في الولايات المتحدة تسجل أبناءها في الغالب منذ المرحلة الابتدائية في مدارس خصوصية لا تتمتع بدعم الدولة، مما يجعلهم لا يستفيدون من مجانية الخدمات التربوية إلا قليلا.

واقع الأمر أن مسألة الإنصاف في ما تعلق بالحق في الاستفادة من الوسائل العمومية في مجال التربية قد انتقل من المستوى المحلي إلى المستوى العالمي، وهو ما لم يزده إلا حدة وتعقيدا. فلخيرٌ لك اليوم أن تولد في حضن أسرة أوروبية فقيرة من أن تولد وسط أسرة غنية تعيش في أفريقيا جنوب الصحراء.

تكوّن الدول النامية مجموعة غير متجانسة، فيها دول قد حققت مستوى من النمو يقارب ما تحققه الدول الغنية، ودول تنمو بسرعة لكنها تبقى متأخرة عن غيرها بشوط غير يسير، ودول تتقدم ببطء، لكن معها أيضا مجموعة رابعة، تتكون من "الدول الأقل تقدما". وتتحدد هذه المجموعة الأخيرة المتكونة من نحو ٤٥ بلدا عبر معيار بسيط جدا، يتمثل في ناتج داخلي خام يقل عن ٧٠٠ دولار سنويا للفرد الواحد، وتختص عن غيرها من البلاد بغياب شبه تام لكل أثر للإقلاع الاقتصادي. فهناك يعيش الناس عيشة الكفاف، لا يختلف نمط عيشهم في شيء عن نظيره لدى الأجداد، وهناك يعيش أكثر من نصف السكان تحت عتبة الفقر، أي بأقل من دولار واحد للفرد الواحد في اليوم، وهناك تعيش الأغلبية من بين المائة مليون طفل الذين لن يلجوا باب المدرسة أبدا، والأغلبية من بين سكان الأرض الأميين...

ومن ينظر إلى الفارق بين ما يرصد للإنفاق على الطفل القابل للتمدرس في هذه البلاد وبين ما يرصد لقرينه في البلاد الغنية لا شك يهوله البون الشاسع بين الوضعيتين. ولنبدأ بالفارق في الثروات التي تنتج هنا وهناك. فالناتج الداخلي الخام يقدر في تلك البلدان الفقيرة بنحو ٣٠٠ دولار للفرد الواحد في السنة، أي أقل بثمانين مرة من رقم ٢٥٠٠٠ دولار الذي يمثل معدلا لدى الدول المتقدمة، وقد تضاعف الفارق بين الاثنين خلال السنوات العشرين الماضية. ومعنى ذلك أنه حتى لو خصصت كلتا الفئتين الحصة نفسها من ناتجها القومي الخام للإنفاق على التربية لكان ما يخصص لكل فرد من موارد أقل في البلدان الفقيرة بثمانين مرة منه في البلدان الغنية. والحال أن الحصة المخصصة للتربية في هذه الأخيرة لا تبلغ سوى ٢،٥% من الناتج الداخلي الخام، أي أقل بخمسين في المائة من معدل ما تخصصه الدول الغنية للغاية نفسها، أي أن الفارق الحقيقي بين ما يخصص لكل فرد في هذه البلاد وما يخصص له في تلك يناهز نسبة ١ إلى ١٦٠. وليس هذا كل شيء، فالبلاد الأقل تقدما لديها أعداد من الأطفال في سن التمدرس تفوق نسبتها إلى عدد السكان مثيلتها لدى البلاد المتقدمة. والسر في ذلك يعود إلى أن عملية التحول

الديموغرافي – التي استطاعت بعض البلدان بفضلها تخفيض النسل بوسائل علمية من مستوى الإنجاب الطبيعي الذي معدله سبعة أطفال للمرأة الواحدة إلى معدل الطفلين الاثنين المسجل اليوم في الدول المتقدمة – ما زالت لم تتحقق في تلك البلدان بعد، مما يعنى أن الدول النامية، حتى ولو توفر لها مثل ما هو متوفر لنظيرتها الغنية، فإن عدد الأطفال الذي يتعين عليها تأمين تربيتهم يفوق بثلاثة أضعاف ما لدى هذه الأخيرة. فإذا أخذنا في الحسبان كل الأطفال الذين بلغوا سن التمدرس، فإن الفرق في الموارد يجب ضربه في العامل ٣، أي أن النسبة هي ١ إلى ٤٨٠، مما يعني أنه حتى وإن كانت مصاريف الدراسة أرخص بكثير منها في الدول الغنية، فإن الفرق يبقى رغم ذلك شاسعا.

من جهة أخرى، فإن الدول الأقل تقدما لا تستطيع توفير خدمات تربوية في مستوى تلك التي توفرها الدول الغنية. فبسبب الفرق الديمغرافي وحده، وحيث تصرف الدول الغنية ٥% من ناتجها الداخلي الخام، يتعين على الدول الأقل تقدما أن تصرف ١٥% من ذلك الناتج، أي ما يعادل مجموع الميزانية العامة في تلك الدول، مما تتضح معه صعوبة الأمر بل واستحالته. وهذا وحده كاف ليفسر كيف أن المؤتمرات المتتالية التي عقدت على مدى أربعين عاما – من أديس أبابا في بداية الستينات إلى لاغوس في بداية الثمانينات إلى جومتيان في بداية التسعينات – قد أخفقت جميعها في تحقيق الغاية المرسومة أثناءها، والمتمثلة في تعميم التعليم داخل أجل لا يتعدى عشر سنوات. وقد أقيم آخر هذه المؤتمرات في دكار عام ٢٠٠٠، ورسم المجتمعون فيه خطة تمتد على مدى خمسة عشر عاما لتحقيق الهدف نفسه، لكنهم لم يتزودوا بالوسائل الاستراتيجية اللازمة، مما يحمل على الشك في أنه سيحقق ما أخفق فيه سابقوه.

وماذا عن حجم الأموال المنفقة؟ تخصص الدول المتقدمة ١٥٠٠ مليارا من الدولارات للتربية. فلو أنها قررت أن تقتطع جزءا من المائة من هذا المبلغ تخصصه لتربية أطفال الدول الأقل تقدما، لاجتمع من ذلك ١٥ مليار دولار، أي

١٥٠ دولارا لكل واحد من الأطفال الذين لا يجدون اليوم طريقهم إلى المدرسة. وليس هذا المبلغ بالهيّن، إذ إنه يعادل نصف الناتج الداخلي الخام في تلك البلدان الفقيرة، علاوة على أن تكلفة التمدرس فيها منخفضة بكثير عنها في البلدان الغنية. ولئن كانت نوعية التعليم ليست بالجودة المرجوة، فإن ١٥٠ دولارا لكل تلميذ سترفع لا محالة من هذه النوعية.

ما قيمة المساعدات المقدمة على المستوى العالمي في مجال التربية؟ تقدر هذه المساعدات اليوم بما يناهز ٥ ملايير من الدولارات، غير أنه لا يوظف منها في زيادة عدد التلاميذ في المرحلة الابتدائية إلا نزر يسير. فالمساعدات توزع على الدول النامية جميعا، ولا تستفيد منها الدول الأقل تقدما وحدها، حيث لا يبلغها منها فيما يبدو إلا قليل. أضف إلى ذلك أن تلك المساعدات توظف في الغالب في المستويات ما بعد الابتدائية، أي في التعليم الثانوي والتقني والمهني وفي تكوين أطر التعليم أو تقوية الإدارة المركزية. وأخيرا، فإنها لا تستعمل في تمويل أهم وجوه الإنفاق في المرحلة الابتدائية، ونعني أداء أجور المدرسين. وسواء أكانت الأسباب التي تدفع إلى هذه الاختيارات وجيهة أم لم تكن، فإن من الواضح أن المساعدات الخارجية لا تسهم إلا بدور غير ذي شأن في تحقيق الهدف المرسوم لتلك المؤتمرات، والمتمثل في تأمين تمدرس ابتدائي مبكر لأطفال العالم جميعا.

خاتمة

وبعد، فلئن كانت هذه التأملات حول نفقات التربية وتمويلها لم تفض بنا إلى أي حل نهائي لمشاكل التربية في العالم، فإنها على الأقل قدمت فرضيات قد تكون أقرب إلى الحقيقة من غيرها. فقد رأينا كيف أن مبدأ التمويل العمومي في مجال التربية ليس قابلا للنقاش، خاصة حين يتعلق الأمر باكتساب المعلومات الأساس، من قبيل القراءة والكتابة والحساب. ثم رأينا بعد ذلك كيف أن استعداد الممولين الحاليين للرفع من قيمة ما يدفعونه يكاد يكون منعدما، مما يرغم النظم التربوية

على تصور مستقبلها وتحقيقه بالاعتماد على وسائل مادية لا تكاد تزيد في كل عام عن سابقه شيئا. أما إطالة فترة التمدرس في البلاد الغنية، فإنهـا إن قلصـت مـن الفوارق فيما تعلق بالحق في الاستفادة من الوسائل العمومية في مجال التربية، لـم تستطع أن تحقق إنصافا في مسألة النتائج المدرسية، وذلك رغم النجاح النسبي الذي حققته الجهود المبذولة في التخفيف من حالات الفشل الصارخة، عبر طريقة التمييز الإيجابي التي جرى الحديث عليها. وأخيرا، فيبدو أن العالم الذي عرفناه حتى اليوم بقطبين أحدهما مكون من الدول الغنية والثاني من الدول النامية، سائر إلى تغيير. فجزء مهم من هذه الأخيرة ينتقل اليوم، وإن بوتيرة متفاوتة، ليحتل مكانا بين الدول المتقدمة، غير أن كثيرا من الدول تبقى متخلفة عن غيرها، والفارق بينهـا وبـين الآخرين لا يفتأ يزيد اتساعا. ورغم الطابع الجدي الذي يكتسيه هذا المشكل، فإنه لا يبدو أن الدول المتقدمة تقدره حق قدره، ولا أنها قد عقدت العزم على العمل مـن أجل حله.

تدريس العلوم[٤]

بقلم جون-چاك دوبى
Jean-Jacques DUBY

نعيش اليوم في مستهل القرن الواحد والعشرين حياة أفضل، وبمعدلات عمر أطول، وفي ظروف صحية أجود مما كان عليه الحال في بداية القرن العشـــرين. ولا ينكر إلا أعمى أو جاحد أن جودة الحياة هذه ما كانـــت لتتحقـــق لـــولا تقـــدم المعارف العلمية والتقنيات التي انبثقت عنها.

ويستند نموذج التقدم الاجتماعي الجديد هذا، القائم على أساس تقـــدم علمـــي متسارع باطراد إلى مستلزمات: فلا بد من تزويد الآلة بالوقود ومُحْرِقه. والوقـــود على شكلين؛ إذ من اللازم أولا وجود مبتكرين فـــي مجـــال العلـــوم أي العلمـــاء والباحثين الذين يعملون على تقدم المعارف ويخترعون مفاهيم ويصوغون منـــاهج جديدة، كما أن من اللازم وجود مستعملي العلوم، أي مهندسين يبلورون التكنولوجيا الحديثة ويطورونها، ثم مسؤولين عن التدبير والتسيير لتوســـيع الإنتـــاج وضـــمان التوزيع والخدمات، وكذا مسؤولين عن القرار يعرفون كيف يـــدبرون الأوضـــاع المعقدة والتقلبات الطارئة، وذلك باستعمال الأجهزة العلمية، وكذا - بكيفيـــة أكثـــر عموما - وجود مستخدمين تكون لديهم القدرة، كيفما كانت مهنتهم، على التحليـــل والتفكير العقلاني والفهم والاستيعاب. كما أن المحروق لازم للتقدم العلمـــي مثلمـــا أكسجين الهواء يلزم للحياة، إذ المجتمع مجموعة من الأفراد المستنيرين القـــادرين ليس فحسب على استعمال المعارف العلمية لفهم أسرار العالم المحـــيط بهـــم، بـــل وأيضا على استيعاب التغيرات التي يأتي بها التقدم العلمي والتقني، والحكم عليهـــا سلبا أو إيجابا.

---

(٤) نص المحاضرة رقم ٢٤٤ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٣١ أغسطس ٢٠٠٠.

الأهداف الثلاثة المتوخاة
من تدريس العلوم

إن الافتقار إلى مبتكري العلوم ومستعمليها وكذا إلى مـواطنين مسـتنيرين، تتولد عنه أهداف ثلاثة يستلزمها اليوم تدريس العلوم:

- تكوين علميين وباحثين واختصاصيين في المواد

منذ عهد فيتاغورس و أقليدس، إلى بروز الخوارزمي ثم قيام جامعة القرون الوسطى، ظل الهدف من تدريس أي مادة كانت هو على الدوام نقل المعارف التـي اكتسبها السلف، مع محاولة الرقي بها في سلم التقدم. بيد أن الرهان اليوم لـم يعـد يقتصر على وجود مجموعة من الاختصاصيين يعملون باستمرار مواكبين التقـدم في إطار المجتمع، بل لقد امتد ليشمل تقدم المجتمع بأكمله.

- تكوين مستعملي العلوم.

وهو انشغال حديث العهد. وكانت بلادنا عبر التاريخ إحدى أوائـل البلـدان التي انبثق لديها الوعي بالمسألة: فمنذ القرن الثامن عشر، أسَّس النظام القديم، ثـم بعده نظام الثورة، مدارسَ نذكر من بينها مدرسـةَ الطـرق والجسـور ومدرسـة الهندسة والمدرسة متعددة الفنون والعلوم ومدرسة الأساتذة العليا، وذلـك لتكـوين الأطر التقنية التي كانت فرنسا في حاجة إليها لتنمية طاقاتها الجيوستراتيجية. وقـد تجلت بوضوح أهمية الأخذ بناصية التقدم التكنولوجي في طموحـات المؤسسـين الأوائل لهذه المدارس الكبرى. وفي سنة ١٧٩٨ يأتي Monge معترفـا بضـرورة "تحرير الأمة الفرنسية من ربقة التبعية التي كانت تعـاني منهـا تجـاه الصـناعة الأجنبية"، لينادي "بنشر المعارف الخاصة بالآلات التي تستهدف إما تقلـيص اليـد العاملة أو إعطاء نتائج الأشغال طابعا أكثر نمطية ودقة"، وإن لم يكن الأمـر فـي عهد Monge يستلزم بعد سوى تكوين عدد قليل جدا من التقنيين في وظائف دقيقة

الاختصاص. أما اليوم في مجتمعاتنا المتقدمة، فالحاجة إلى تكوين المهندسين والمسؤولين عن التدبير لتأهيلهم في الطرق والأجهزة العلمية، ليست وحدها الشغل الشاغل، بل ينبغي كذلك تكوين كل المستخدمين في مختلف فروع الأنشطة، إذ يجب أن يتقن الميكانيكي مغلوميات جهازه الآلي الموجَّه رقميا، كما يجب أن يتقن العامل الزراعي كيمياء سماده NPK والعامل في الاقتصاد رياضيات نماذجه التقييمية، وما إلى ذلك...

- تكوين مواطنين قادرين على الفهم والاستيعاب والحكم على الرهانات العلمية سلبا أو إيجابا

يجب أن يكون المواطنون - وإليهم يرجع الحكم في نهاية المطاف في مجتمعاتنا الديمقراطية - قادرين على تبيُّن ما يمكن أن ينتظروه من تقدم المعارف ونتائجها الإيجابية وكذا مخاطرها المحتملة. لذلك وجب أن يتكوّن لدى كل مواطن نصيب من الثقافة العامة العلمية الأساس تمثل أدنى ما يجب معرفته لفهم الرهانات وتقدير المخاطر واتخاذ قرار شخصي والمشاركة في الاختيارات الجماعية. فكيف يمكن للمرء إصدار حكم متبصر حول الطاقة النووية مثلا إذا كان يجهل ما النشاط الإشعاعي، وإذا لم يكن يدرك وجود إشعاعية طبيعية؟

لقد اخترت اليوم أن أتفحص موضوع تدريس العلوم، لا من حيث طبيعته ومستوى معارفه، لكن وفق منظور الأهداف الثلاثة المعلنة، إذ لو تفحصنا المعارف الملقنة والمكتسبة، للاحظنا بكل تأكيد كما قام بذلك كل من Christian Baudelot و Roger Establet أن "المستوى قد ارتفع". وأقل ما يمكن قوله بهذا الصدد هو أن طالب القسم الثانوي اليوم يعلم الشيء الكثير مما كان آباؤه وأجداده من ذي قبل يجهلونه، وإن كان الاختصاصيون في مادة أو أخرى يرفعون عقائرهم مستنكرين أن تُمنَح شهادة الباكالوريا لمن لا يعرف كذا أو كذا من المضامين الدراسية... وسوف أقتصر في تحليلي على تفحص تدريس العلوم في علاقته

بالمسؤوليات الاجتماعية المتوخاة منه: أي تكوين مبتكرين في العلوم، ومستعملين لها، ومواطنين مستنيرين علميا.

وسأبدأ بالهدف الثالث.

تكوين مواطنين مستنيرين.

لكي يكون المواطن مستنيرا علميا، يتعين عليه أن يتقن حدا أدنى من الثقافة العامة العلمية. لكن، كيف يمكن قياس "ثقافة علمية عامة؟"

لتحقيق هدف المواطَنة الذي يهمنا هنا، لا يتوقف الأمر على قياس المعارف فحسب، بل أيضا على قياس السلوكات والأحكام والقيم. ولنقم بمقارنة مع مجال الثقافة الأدبية: فمن الممكن قياس المعارف التي يمتلكها الطالب حول Racine و Corneilleمثلا؛ لكن، هل بوسعنا أن نقول إن الدراسة الأدبية قد بلغت هدفها لو كان الشباب جميعا يخرجون من السنة الأخيرة من الثانوي وهم يعرفون عن ظهر قلب مقاطع من Le Cide، ولسان حالهم يفصح عن أنهم لن يعودوا قط مدى الحياة لقراءة سطر واحد مما أنتجه المؤلف؟

وعلاوة على ذلك، فإن الاختبارات التي تقيس المعلومات لا غير، تكون في غالب الأحيان مرتبطة بالبرامج الدراسية وبمنهجيات التدريس ومراقبة المعارف المكتسبة حتى تكون مقبولة من بلد لآخر ومن طريقة تربوية إلى أخرى.

وبهذا الصدد فقد قامت منظمة التعاون والتنمية الأوروبيةOCDE أواسط التسعينات بدراسة مقارَنة دولية حول تدريس العلوم. وفي إطار هذه الدراسة، أجري اختبار علمي موحد لتقدير الخصائص الفكرية Science Achievement Score لدى خريجي السلك الأول من التعليم الثانوي في أربعة عشر بلدا.

وقد كشفت نتائج هذا الاختبار عن إحراز غالبية البلدان على معدل يقدر بـ٥٤٠ نقطة، وبروز قلة من الأبطال- اليابان وكوريا وتشيكوسلوفاكيا - بمعدل

٥٨٠، وحلول بعض الكسالى في الدرجة الأخيرة بمعدل ٥٠٠، من بينهم بلجيكا والبرتغال واليونان والدانمرك و...فرنسا.

وقد تثير الدرجة التي احتلتها بلادنا الاستغراب، عندما نستحضر الأهمية التي أوليت فيها للرياضيات والعلوم الحقة عموما في التعليم وكذا في عملية الانتقاء. ومن شأن الوضعية أن تزكي لدى المواطنين على أقل تقدير الشعور بأن قياسا من هذا القبيل لا يكتسي دلالة ذات مغزى يذكر... ومن المهم معرفة ما إذا كانت اختبارات البرنامج الدولي لتتبع المكتسبات PISA، التي انطلقت مؤخرا في اثنين وثلاثين بلدا، وفق المبادئ ذاتها، ستسفر عن نتائج قابلة للمقارنة.

ولقياس ثقافة المواطنين العلمية، فإن مؤشرات Scientific Litteracy المتبعة في الولايات المتحدة منذ أكثر من عشرين عاما من قبل المؤسسة الوطنية للعلوم NSF تبدو معبرة أكثر. وهي اختبارات تجرى كل سنة على عينة تقدر بألفي شخص، لقياس مدى تمكنهم من المفاهيم والمفردات العلمية الأساس، استنادا إلى ما يناهز العشرين سؤالا بسيطا من قبيل: مركز الأرض ساخن جدا (صحيح أم خطأ؟) آلإلكترون أصغر أم الذرة؟ هل تطوَّر الجنس البشري انطلاقا من أجناس حيوانية؟ ما الجزيء؟... إلى غيرها من الأسئلة.

ونظرا للجدية الإحصائية التي تنجز بها الدراسات وأنواع السلسلات الكرونولوجية الغنية بأسئلتها، فإن من المؤسف أن لا يوجد مثلها في فرنسا، ولو أن النتائج ستكون مزعجة على قدر ما هي عليه في الولايات المتحدة، حيث إن ١٣% فقط من الأشخاص الممتحنين يعرفون ما هو الجزيء و٢٨% يعتقدون أن الشمس تدور حول الأرض و ٥٤% يجهلون أن الإلكترون أصغر من الذرة.

وفي ١٩٩٦ أجريت دراسة دولية لقياس مؤشرات Scientific Litteracy هذه في أربعة عشر بلدا من البلدان المنتمية لمنظمة التعاون والتنمية الأوربيةOCDE، وقد تجلى واضحا من الدراسات أن نسبة ١٠% فقط من السكان

يستوعبون جيدا الطرق والمفاهيم العلمية و ٢٠ إلى ٣٠% يستوعبونها جزئيا. وأحرزت فرنسا على معدل متوسط إلى جانب إيطاليا والولايات المتحدة. وفي درجة أعلى تأتي المملكة المتحدة والدانمرك وهولندا. وفي درجة أدنى تأتي كل من ألمانيا وبلجيكا وإسبانيا. أما اليابان فتأتي في الدرجة الأخيرة، إذ إن ١% فقط من سكانها لهم فهم علمي جيد.

وبكيفية عرضية يتبين واضحا أن نتائج هذه الاختبارات جاءت مختلفة جدا عن نتائج الروائز "المدرسية" التي احتلت فيها اليابان الدرجة الأولى.

وتقيس الدراسة السنوية الأمريكية أيضا سلوك العموم تجاه العلم، استنادا إلى أسئلة بسيطة من قبيل: ماذا يمكن القول عن القضايا التالية: الطاقة النووية، التعديلات الوراثية، التجارب الحيوانية... هل مزاياها أكبر أم مساوئها أم هل العكس هو الصحيح؟

وتبين النتائج أن السكان الأمريكيين عموما لهم موقف إيجابي تجاه العلم. لكن مع فارق كبير حسب الجنس. فالأمريكيون الذكور عموما لهم موقف إيجابي من التعديلات الوراثية (٤٤% يعتقدون أن مزاياها أكبر و ٣٨% يرون أن مساوئها أكبر) والموقف هو نفسه السائد تجاه الطاقة النووية (٤٨% يرون أن مزاياها أكبر و٣٧% أن مساوئها أكبر). أما الأمريكيات فلهن موقف سلبي تجاه التعديلات الوراثية (٤٢% يعتقدن أن مساوئها أكبر مقابل ٣٨% فيما يخص المزايا). أما بالنسبة إلى الطاقة النووية فالفارق أقل، حيث (يعتقد ٤٠% منهن أن المساوئ أكبر، مقابل ٣٩% فيما يخص المزايا). أيكون ذلك سببا أم نتيجة؟ والتوجه ذاته وارد في اختبارات Scientific Litteracy، حيث إن ١٨% من الذكور يعرفون ما هو الجزيء مقابل ٩% فقط من الإناث. كما أن ٧٩% من الرجال يعرفون أن الأرض تدور حول الشمس، مقابل ٦٦% من النساء. و ٤٩% من الرجال يعرفون أن الإلكترون أصغر من الذرة، مقابل ٤١% من النساء. وكيفما كان الحال فسيكون من المهم أن تحقق فرنسا الأرقام ذاتها. ولعل في هذا

الفارق بين المواقف – إن كان الوضع على هذا الحال عندنا كذلك – يكمن السبب الأساس في نفور الإناث من الشعب العلمية والمسارات المهنية التقنية.

كما أن الدراسة التي أنجزتها OCDE حول أربعة عشر بلدا استكشفت هي الأخرى المواقف تجاه العموم. وقد بينت النتائج أن الآراء الإيجابية كانت أكثر من السلبية في جميع البلدان ما عدا اليابان. وبرز سكان الولايات المتحدة بشكل واضح في مرتبة فوق سكان البلدان الأخرى جميعها باتخاذهم موقفا أكثر إيجابية بمعدل ١,٧٥ مرة من الآراء الإيجابية أكثر من السلبية. أما البلدان الأخرى فتتموضع كلها تقريبا – ومن بينها فرنسا – ما بين ١,٢ و ١,٣ مرة من الآراء الإيجابية أكثر من السلبية، علما أن النسبة تفوق بقليل ١ فيما يخص إسبانيا واليونان والبرتغال. أما اليابان فهو البلد الوحيد الذي يبقى موقفه سلبيا على العموم بما يفوق معدله تقريبا ٢% من الآراء السلبية مقابل الإيجابية.

ولا تستخدم تقنيات المؤشرات الزمنية في فرنسا، سواء لقياس المؤهلات العلمية لدى المواطنين أم لقياس مواقفهم تجاه العلوم. ومع ذلك فيمكن الاعتقاد، استنادا إلى الدراسة التي أجريت عام ١٩٩٦، أن موقف الفرنسيين من العلوم يبقى إيجابيا على العموم، لكنه أقل وضوحا منه عند الأمريكيين. ومن هنا يمكن القيام بتأويلين محتملين: فذو النظرة المتشائمة سيأسف لكون تدريس العلوم في فرنسا قد أخفق في بث روح الحماس الذي كان ينتاب المواطنين منذ نهاية القرن التاسع عشر إلى منتصف القرن العشرين، في حين أن المتفائل سينشرح لكون التعليم ذاك أنتج مواطنين أكثر ارتيابا وانتقادا واحترازا.

ومهما يكن من أمر، فلا مناص من الاعتقاد بأن موقف المواطنين الأمريكيين، الإيجابي بامتياز تجاه التقدم العلمي والتقني، موقف ليس بغريب على بلد يتمتع بحيوية اقتصادية فائقة. وإن كانت تعوزنا المعطيات الإحصائية فيما يخص فرنسا، فإن كل المؤشرات توحي بأن التعليم العلمي حاليا في بلادنا يكوّن أجيالا تبقى في غالبيتها غير قادرة على استعمال المعارف العلمية لفك رموز العالم

المحيط بها وفهم قضاياه والحكم عليها، ناهيك عن المشاركة في التغييرات التي تحدث فيه بفعل التقدم العلمي والتقني.

تكوين مبتكري العلوم ومستعمليها

وإذا تفحصنا الآن كيف يستجيب تدريس العلوم للهدفين الآخرين الخاصين بتكوين مبتكري العلوم وكذا مستعمليها، فإن الملاحظة لن تكون أكثر إيجابية. ذلك أن تدريس العلوم اليوم لا يستجيب لحاجيات المجتمع فيما يخص المد الذي يشهده الإنتاج العلمي. ووجود أعداد من الدكاترة في العلوم دون شغل، لا يعني أننا نفرِّط في تكوين العلميين، بل يعني أن العلميين الذين نكوّنهم لا يلائمون الاحتياجات القائمة. وأخطر من ذلك أنه في الوقت الذي ترتفع فيه حدة الاحتياجات - سواء في مجال البحث العمومي، من جراء إحالة أعداد ضخمة من المستخدمين على التقاعد قادما، أو في مجالي الصناعة والخدمات التي تتطلب بشكل تصاعدي أعدادا ضخمة من المهندسين - فإن تكوين الباحثين والمهندسين، يقل تدريجيا بفعل عزوف الشباب عن ولوج المسالك العلمية.

وتشهد بعض البلدان الأوروبية، كألمانيا ودول أوروبا الشرقية، تطورا مأساويا انطلقت عجلته منذ بداية التسعينات بتقليص الأعداد في المسالك العلمية و الهندسية بمعدل بلغ ٥٠ إلى ٧٠%. وبالنسبة إلى فرنسا فإن التطور في هذا الاتجاه، وإن كان حديث العهد وبنسبة أقل حدة، ما فتئ يثير قلقا شديدا منذ بداية العقد ذاته. وفي حين ارتفع عدد الحاصلين على الباكالوريا إجمالا بنسبة ٢% في الفترة ما بين ١٩٩٥ و١٩٩٩، فإن عدد الحاصلين على الباكالوريا العلميين انخفض بنسبة ٨%، وانخفضت نسبة مسالك الباكالوريا العلمية من ٢٨% إلى ٢٥%. وفي الفترة ذاتها، حيث انخفضت نسب الدخول إلى الجامعات بنسبة٧%، تدهورت نسب الدخول إلى السلك الأول الجامعي بمعدل ٢٤%، فانخفض بذلك المعدل العام من ٢٠% إلى ١٦%.

أما الأقسام التحضيرية العلمية التي كانت تعتبر "مسلك الامتياز"، فقد شهدت نسب الدخول إليها انخفاضا يقدر ب ١٢% بل ١٨% بالنسبة إلى مسالك الرياضيات والفيزياء. وفي بعض مباريات الدخول إلى مدارس المهندسين، أصبح عدد الناجحين أقل بكثير من العدد المطلوب، حيث كانت نسبة النجاح بمسلك الرياضيات-فيزياء في مباراتيArchimède وECRIN هي على التوالي ٦٢% و٤٢% من الأماكن الشاغرة.

وفي مستهل القرن الواحد والعشرين، والحاجة الماسة إلى العلميين ما فتئت ترتفع أكثر من أي وقت مضى، فإن تدريس العلوم فشل في استقطاب عدد أكبر من الشباب.

ومع ذلك فإن الاهتمام بالعلوم بين العامة ما فتئ يزيد. وإذا كان الوضع يبدو متناقضا مع ضعف المستوى الذي أبان عنه اختبار Scientific Litteracy، فإن دراسة OCDE التي سبق الحديث عنها تظهر أن ٤٠ إلى ٦٠% من السكان في غالبية البلدان، يصرحون أن لهم "اهتماما بالعلوم والتكنولوجيا". بل إن نسبة ما بين ١٠ و ١٥% يؤكدون أن القضايا العلمية والتقنية "تثير انتباههم بشكل خاص" وهنا أيضا يفاجئنا اليابان باحتلاله المرتبة الأخيرة، حيث إن من ٢٠% من السكان لهم اهتمام بالعلوم و٢% فقط منهم تثير العلوم انتباههم بشكل خاص. وتأتي فرنسا في الدرجة الثانية بعد الولايات المتحدة فيما يخص نسبة الأشخاص ذوي الاهتمام، وفي الدرجة الأولى فيما يتعلق بذوي الاهتمام الخاص.

ويتأكد هذا الاهتمام بالعلوم في بلادنا باعتبار النجاح الذي حققته المحاضرات العلمية التي تنظمها "جامعة كل المعارف" أو التظاهرات من مثل "العلم في احتفاء" و "ليل النجوم" وكذا من خلال الإقبال الكبير على المتاحف العلمية، ليس فحسب بباريس La Villette, Le Palais de la Découverte، بل أيضا في المناطق القروية الفرنسية، من مثل متحف علم البراكين ب Aurillac، ومتحف الصاعقة في Marcenat وغيرهما. كما نذكر أيضا البرامج العلمية

المتلفزة (من قبيل Archimède على قناة ARTE و Pi=3.14 على القناة الخامسة وكذا E=M6) إذا نحن اكتفينا بالبرامج التي لا تبث في ساعة متأخرة...

ومما يؤسف له بالغ الأسف أن البرامج العلمية قد اندثرت تقريبا على القناة الإذاعية الفرنسية France culture...

وهكذا يتضح أن السياق الاجتماعي من شأنه أن يشجع الشباب على الاهتمام بالعلوم، فلماذا إذن هذا العزوف المتزايد؟

المواد الدراسية في مدرسة Jules Ferry

منذ مائة عام مضت، كانت المنظومة التعليمية أجود بكثير مما هي عليه الآن. وكانت مدرسة Jules Ferry ناجحة في تكوين أجيال من المستخدمين القادرين على التطور وفق التقدم التكنولوجي، وفي الوقت ذاته في تحضير وانتقاء المتميزين ليصبحوا أطرا علمية وتقنية كان المجتمع في حاجة إليها.

فكيف يا ترى كان يتأتى لها ذلك؟ نجد التفسير في جزئه الأكبر ضمن الفصل الأول من قانون ٢٨ مارس ١٨٨٢ حول التعليم الابتدائي الإجباري، وهي الفقرة التي يجدر قراءتها والتأمل فيها حرفيا:

يتضمن التعليم الابتدائي المواد التالية:

- التربية الخلقية والوطنية؛
- القراءة والخط؛
- اللغة ومبادئ الأدب الفرنسي؛
- الجغرافيا (خصوصا جغرافيا فرنسا)؛
- التاريخ (خصوصا تاريخ فرنسا إلى اليوم)؛
- بعض المفاهيم الشائعة في مجال الحقوق والاقتصاد السياسي؛

- مبادئ العلوم الطبيعية والفيزيائية والرياضية وتطبيقاتها في مجالات الزراعة والحفاظ على الصحة والفنون الصناعية والأشغال اليدوية، وكذا استعمال أدوات مختلف المهن الأساس؛

- مبادئ الرسم والتجسيم والموسيقى؛

- الرياضة البدنية؛

- التمارين العسكرية (بالنسبة إلى الذكور)؛

- أشغال الإبرة (بالنسبة إلى الإناث).

وإذا كانت بعض مظاهر هذا النص تبدو موغلة في القدم، فإن المشرّع آنذاك قد فهم أن تدريس المعارف العلمية وحده لم يكن كافيا، بل كان من المهم أيضا تبيان فائدتها بواسطة التطبيقات التي كان بإمكان كلٍّ أن يقوم بها على تلك المعارف، سواء على المستوى الشخصي (الوقاية الصحية) أو المهني (الزراعة والمهن الأساس). وقد كان المحور الموجِّه لمدة طويلة في التعليم العلمي هو درس الأشياء الرائع العجيب الذي طبع بميسمه ذاكرة القدماء من بيننا. وكانت التسمية ذاتها: درس "الأشياء" – وليس الفيزياء أو الكيمياء أو البيولوجيا – تعكس الرغبة في تعدد التخصصات، وهو بالمناسبة تعدد نعترف بكل صراحة أنه كان أسهل وأيسر متناولا، وكان بالتالي دون شك أقرب تصورا في عهد Jules Ferry منه في وقتنا الحاضر. وقد كان جوهر درس الأشياء يكمن في إظهار ما مفاده أن ملاحظة العالم المحيط بنا في حياتنا اليومية، ملاحظة ذكية، تمكّن من فهم الظواهر الطبيعية واستنتاج القوانين التي تحكمها، وأن معرفة هذه القوانين وفهمها يمكّن من استعمالها لتسهيل الأشغال وتحسين ظروف العيش الرغيد.

وهكذا فإن مدرسة Jules Ferry لم تكن تلقن العلوم بما هي مجموعة من المعارف فحسب، ولكن بما هي أيضا نسق من الملاحظات والعمليات التي تستند إلى الحدس والاستدلال والتجريب. وبتبيانها قواعدَ هذه المقاربة التجريبية، فإنها

كانت تنير السبيل أمام الباحث. ولذلك فلا غرابة في أن أولى الكتب المدرسية التي كانت معتمدة في تلك الحقبة غالبا ما كانت من إنتاج باحثين أمثال PAUL Bert الذي كان من تلاميذ Claude Bernard قبل أن يصبح وزيرا للتعليم العمومي.

ولم تكن مدرسةJules Ferry من جهة أخرى لتهمل البعد الاجتماعي والإنساني في العلوم. فالإيقونوغرافيا الجمهورية تحكي لكل المُمَدْرَسين تاريخ كبار المفكرين أمثال: Louis Pasteur وهو يعالج مرض التفلفل وJoseph Meister وهو يداوي داء الكلب وDelambre ورفيقه Mechain وهما ينطلقان في رحلتهما نحو قياس خط الزوال الجغرافي بأمر من الجمعية الوطنية، وBernard Palissy وهو يكد ويجتهد في بحثه عن سر صناعة الميناء...

بذلك كله كانت المدرسة تعطي الدليل أن بالإمكان أن نجعل من العلوم مسارا في خدمة الآخرين، وأن للعلوم اقتضاءات سياسية، وأن البحث قد يثير الشغف والولع.

أنا لا أقول اليوم بالعود على بدء إلى نظام مدرسة Jules Ferry، بل أقول إنه ينبغي استلهام روحها في السياق العلمي خلال القرن الواحد والعشرين. وقد نحا هذا النحوَ الوزيرُ Jack Lang في اللقاء الصحفي الذي عقده في ٢٠ يونيو ٢٠٠٠، والذي أعلن خلاله عن تجديد التعليم العلمي في المدرسة الابتدائية، حيث استشهد ب "درس الأشياء" بما هو إحدى "ذكرياته المدرسية السعيدة"، وحيث ذكّر بمبادرة "وضع اليد في العجين" التي نادى بها يوما George Charpak، بما هي "مجهود واعد جدا بتحديث درس الأشياء". ويبدو التمرين اليوم أكثر استعصاء نظرا لكون مجموع المعارف اللازم اكتسابها قد تضاعف بشكل مهول على مدى مائة عام. وقد استلزم هذا التطور الذي حصل على مستوى تعدد المعارف تجزيءَ التعليم العلمي إلى تخصصات متعددة يشكل كل واحد منها مادة مستقلة. وهكذا فإن ما كان PAUL Bert يسميه العلوم "الطبيعية والفيزيائية"، أضحى اليوم مجزأً إلى فيزياء وكيمياء وجيولوجيا وبيولوجيا... ثم إن ظهور المواد التكنولوجية جاء ليضاعف

أعداد مختلف التخصصات لدى مُدرِّسي الثانوي، كما يبرهن على ذلك تنامي أعداد شهادات الكفاءات المهنية المتنوعة في التعليم الثانوي وكذا شعب التبريز المختلفة. وقد استتبع هذا التعدد في التخصصات - والذي لم يكن منه بد - مزلقين لم تبدل الجهود الكفيلة بتفاديهما:

أما أولهما فغياب التنسيق ما بين المواد، أي غياب التواصل والتكامل بين مختلف المواد المدرَّسة، وهو ما تنتج عنه عواقب وخيمة، خصوصا وأن حل الإشكالات العلمية والتقنية الحالية بات يستلزم أكثر فأكثر استغلال الأبحاث في المواد العلمية المتعددة. فموضوع فك ألغاز المجموع المورّثي مثلا، لم يشهد تقدما حاسما إلا بعد أن تضافرت جهود كل من الاختصاصيين في الرياضيات والمعلوميات والأجهزة والآلات الطبية. وقد استوعبت المؤسسات هذه الضرورة فأصبحت تتبنى اليوم هيكلة تعامدية فيما يخص فرق البحث والتنمية داخل مراكزها، فتلجأ إلى النموذج التسلسلي أو العمودي لرعاية المؤهلات وتطويرها، أو إلى النموذج الوظيفي أو الأفقي لاستغلال الطاقات والقدرات المختلفة في حل إشكال معين.

فهل تكفي مادة "الأعمال الشخصية المؤطرة" T.P.E، المدرجة مؤخرا ضمن مواد النظام التربوي، لرفع الحواجز التي تفصل بين المواد؟ نخشى أن يكون الجواب بالسلب. كما أن من المؤسف ملاحظة البعد "الشخصي" في تسمية المادة المدرجة هذه، مما يحجب البعد الاجتماعي في العمل العلمي، ويُفَوِّت فرصة التربية على العمل الجماعي، وتلك نقطة سأعود إليها بالتفصيل لاحقا.

أما المزلق الثاني فيكمُن في ما أسميه "طائفية مادة الاختصاص"، إذ يحاول القيِّمون على كل مادة الإطناب في مضامين مادة اختصاصهم، قصد الرفع من قيمة المدة الزمنية المخصصة لها، وذلك على حساب المواد الأخرى. ويمكن القول بهذا الصدد إن التعليم العلمي وصل اليوم في سلوكاته إلى حال شبيهة بطَوْر الولع التجاري الاقتصادي (انمركنتيلي) الذي كان سائدا خلال القرن السابع عشر، حيث

كانت الفكرة السائدة هي أن الوسيلة الوحيدة لضمان تنمية الصناعة "الشخصية" هي حماية السوق من الصناعات الخارجية وتوسيع آفاقها بغزو مناطق أخرى لم تكن تحت النفوذ؛ في حين أن المعروف اليوم هو أن أفضل طريقة هي تنمية المبادلات ما بين الأسواق الوطنية، مما ينتج عنه رفع الإنتاج الإجمالي، وبالتالي تنمية الإنتاج الوطني. كذلك الشأن بالنسبة إلى المواد التعليمية، حيث يمكن لكل مادة أن تنمي آفاقها بتعدد علاقاتها مع المواد الأخرى.

ولنكتف بمثال واحد في ذلك. فأفضل وسيلة لإكساب المتعلمين خبرات في استعمال الأجهزة المعلومياتية، لا ينبغي أن تكون باقتطاع ساعات من حصص الرياضيات والفيزياء أو التاريخ والجغرافيا، بل بإدراج استعمال المعلوميات في حصص هذه المواد ذاتها.

مقترحات خمسة لتدريس العلوم

انطلاقا من هذا التقييم حول الأوضاع، الذي قد يبدو صارما حد الإفراط، ماذا في الإمكان القيام به لجعل التعليم العلمي يستجيب بشكل أفضل للأهداف الثلاثة المتوخاة، المتمثلة في تكوين عقول تبتكر العلوم وأخرى تستعملها وتربية مواطنين مستنيرين؟ ليس هناك في المجال بلسم شاف يأتي من باب المعجزات، غير أني أود اقتراح سبل خمسة لتحسين الوضع:

- عدم تدريس العلوم على شكل مجموعة من القواعد والملفوظات الجاهزة قصد الحفظ عن ظهر قلب، بل بما هي وسيلة للتحليل والفهم والاكتشاف:

وبعبارة أوضح، عدم الاستمرار في تدريس العلوم على شكل مجموعة من المعارف فحسب، بل بما هي نسق علمي في سيرورته. وبطبيعة الحال فإن هذا يستلزم إعادة الاعتبار للطريقة التجريبية التي ما فتئ كل من George Charpak وPierre Gilles de Gennes يدافعان عنها منذ مدة طويلة، علما أن هناك بالتأكيد معارف ينبغي استيعابها عن ظهر قلب.

لقد سبق أن أعلنت أني لن أتطرق للبرامج الدراسية، لكني أعتقد أنه ينبغي تحديدها مع الحرص على منح الامتياز للمعارف المبنية بدل المنفصلة المستقلة، وللمعارف المنتظمة في إطار نسق بدل المعارف المجزأة المتناثرة، وبدراسة عدد أقل من المواضيع دراسة معمقة بدل التطرق لكَمّ وافر منها بشكل سطحي، وإن تطلّب الأمر بث روح الفضول العلمي لدى المتعلمين وتشجيعهم على البحث خارج أوقات الدراسة، للاطلاع على مواضيع لا يتناولها الأستاذ بالدرس والتحليل في الفصل، ثم استفساره فيما بعد حول ما يصعب عليهم فهمه فيها.

تلقين استعمالات العلوم المدَرَّسة

يبقى الاستعمال المحسوس الذي يتجسد بوضوح اليومَ لدى التلميذ - إن لم يكن الاستعمال الوحيد - فيما يخص التعليم الذي يتلقاه في مادة من المواد، هو إنجاز التمارين الاختبارية فيها، علما أن هذه التمارين ذاتها تأتي على شكل مقنن يوجه التلميذ نحو خطوات يكفي لتجاوز كل منها أن يطبق وصفة معينة يكون على دراية منها متى استعد - وإن على عجل - للامتحان. وما هكذا يُنمّى لدى الشباب الاهتمام بالعلوم، ناهيك عن الابتكار والإبداع والقدرة على الخلق والتجديد والإنجاز، وهي المزايا التي تستلزمها مهام الباحث والمهندس، ويكون اكتساب التجربة فيها هو روح المهنة ذاتها.

وهكذا ينبغي إذن التركيز على تطبيقات العلوم في مجالات الفنون الصناعية، واستعمال الأجهزة والآلات الخاصة بالمهن الأساس، كما كان ينادي بذلك Jules Ferry، وكذا على استعمال المعارف المكتسبة في مادة معينة، لتدريس المواد الأخرى. كما ينبغي فيما يخص مراقبة المعارف المكتسبة، العمل بنسب أقل على تقييم المعارف التي يسهل قياسها، والتركيز بصفة خاصة على تقييم المعارف التي يكون اكتسابها ذا أهمية أكبر.

تبيان البعد الاجتماعي في العلوم

وهو أمر يبدأ بالعمل في إطار الجماعات – وإن يكن من الصعب التوفيق بين ذلك وبين الطابع الفردي الذي يقتضيه مبدأ النخبوية الجمهوري الذي يسم بميسمه نظامنا التربوي – لكن الأمر يتعلق أيضا بتبيان العلوم بما هي مؤسسة إنسانية عجيبة، وذلك عبر المخاطر التي اجتازتها والمجازفات التي مازالت تشهدها اليوم ونجاحاتها وإخفاقاتها وآفاقها، وذلك كله من خلال تاريخها وتاريخ الثورات العلمية الكبرى ومجالاتها ورجالاتها الفاعلين (من أمثال NEWTON و COPERNIC، وكذا الميادين التي نذكر من بينها ميادين الذرة منذ عهد أرسطو إلى عهد Niels Bohr، وعلم الأحياء منذ نظرية الارتقاء عند داروين إلى الهندسة الوراثية حاليا، وتكتونية الألواح الجيولوجية...) وبهذا الصدد أيضا ينبغي إثارة الفضول العلمي الطبيعي لدى المتعلمين وتوجيهه التوجيه الأنجع لبناء شخصيتهم. والأهم في ذلك كله هو جعلهم يفهمون أنه إذا كان تقدم المعارف أمرا حتميا لا مناص منه، فإنه قد يكون طويل الأمد، يتسم بالتضارب وتحيط بمساره الآلام، كما يمكن أن تعتريه ومضات تنتج عنها عواقب ذات أثر بالغ، ثم أن مسار سيرورته لا يمكن التحكم فيه.

تبيان البعد الشخصي في العلوم

ينبغي أولا تبيان كيف أن العلوم مجال للتفتح وإشباع الفضول المعرفي؛ بل أستطيع المجازفة فأقول إنها مجال للمتعة الشخصية.

العلم مجال للخيال والابتكار والتجريب، إن لم يكن ميدانا للهو والترفيه واللعب.

العلم أرض المغامرات والمجالات البكر التي تنتظر الاكتشاف.

العلم ولع وعشق وشغف وحب.

والحق أن هذا البعد في العلوم هو أشق ما يكون منالا على الطالب المتوسط. ومع ذلك فإن النجاح الذي تحرزه مباريات من قبيل بطولات الرياضيات أو أولمبياد الكيمياء، يعطي الدليل على أن بالإمكان إبراز ما تتضمنه الممارسة العلمية من متعة ولذة.

بيد أن العلم يبقى أيضا مدرسة سلوكية وأخلاقية تلقن فيها مبادئ التسامح وكذا التفتح على أفكار الآخرين، إضافة إلى تنمية الحس النقدي ومنهج الشك المؤدي إلى اليقين. والعلم أيضا مدرسة يتعلم فيها الشخص التواضع أمام الوقائع، وتدبير الأمور الحتمية الأقل ثباتا على حال.

وبهذا المعنى فإن التعليم العلمي ينبغي أن يسهم في التربية الوطنية (وكذا الخلقية، على حد تعبير J. Ferry).

إقامة "مؤشرات علمية" ووطنية

أعني مؤشرات إحصائية مماثلة لتلك التي أقامتها N.S.F، تقاس سنويا كما هو عليه الحال في الولايات المتحدة، وتتمم نتائجَها المؤشراتُ المدرسية التي تعتمدها وزارة التربية الوطنية وكذا مؤشراتُ PISA وOCDE، وذلك بقياس الطريقة التي يستجيب بها تدريس العلوم لأهدافه الثلاثة المتمثلة في تكوين مبتكري العلوم ومستعمليها، وكذا تكوين مواطنين مستنيرين علميا.

مراجع

1. MONGE (G.), *Géométrie descriptive, Leçons données aux Écoles Normales*. Baudouin, Paris, An VII.
2. BAUDELOT (C.) et ESTABLET (R.), *Le niveau monte*, Paris, Seuil, 1989.
3. OCDE, *Education at a Glance* — OECD Indicators, Paris, OCDE, 1996.
4. OCDE, *Measuring Student Knowledge and Skills*, Paris, OCDE, 2000.

5. National Science Board, *Science & Engineering Indicators*, Arlington, National Science Foundation, 2000.
6. MILLER (J.), *Public Understanding of Science and Technology in OECD Countries : a Comparative Analysis*, International Symposium on Public Understanding of Science and Technology, Paris, OCDE, 1996.
7. BERT (P.), *La première année d'enseignement scientifique (Sciences naturelles et physiques*, Paris, Armand Colin, 1882.
8. *L'état de l'école, n° 10*, Paris, ministère de l'Éducation nationale, octobre 2000.

أمية أو العالم الاجتماعي مقيسا بمقياس الثقافة(٥)

بقلم برنار لاهير
Bernard Lahire

خطاب معتم مبهم

على الرغم من مرور قرون عديدة على بداية تاريخ التمدرس، فإن فرنسا ما زالت تشهد اليوم فوارق اجتماعية ضخمة في مجال المعرفة المكتوبة (قراءة وكتابة). وهو واقع ثابت ومؤكد لا يثير الاستغراب مطلقا لدى علماء الاجتماع المهتمين بالتربية والثقافة، والذين يقيسون منذ عشرات السنين الفوارق القائمة فيما يخص التمكن من اكتساب المعارف المدرسية وكذا مقاربة الإنتاجات الفكرية وولوج المؤسسات الثقافية. كما أن من البديهي أن لا أحد من المتشبعين بروح الديمقراطية يقبل بوجود وضعية تتسم بالفوارق فيما يتعلق باكتساب آليات ثقافية أساس من هذا القبيل.

لكن، هل تكون ملاحظة هذه الفوارق مرتبطة بشكل مباشر مع الخطابات العمومية (الإعلامية منها والسياسية و"العالمة") التي تنتشر بشكل واسع منذ ما يقرب اليوم من خمسين سنة، في موضوع "أمية" الفرنسيين؟ أجل، يمكن الاعتقاد أن الخطابات في موضوع "الأمية" لا تعدو كونها تعبيرا عن واقع اجتماعي موضوعي، أو تكتفي بمواكبته. إلا أن الأمور ليست بهذه البساطة. فلا بد لإظهار مكامن الخلل في أمر بديهي من هذا القبيل، من استقصاء تاريخ السنوات العشرين الماضية.

إن تزايد الاهتمام بالمسألة لدى العموم، يمكن أن يَحمل على الاعتقاد بأننا نعيش فترة امتدادٍ أو تضخيم المسألة الواقعية ذاتها (وذلك ما لا ينـي المتسرعون

---

(٥) نص المحاضرة رقم ٢٤٥ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١ سبتمبر ٢٠٠٠.

من بين المعلقين الصحفيين ينشرونه)، بيد أن الأمر ليس في ذلك من شيء. بل على العكس من ذلك، فإن ما يمكن قوله بكل يقين هو أن إشكالات إتقان الكتابة كانت أكبر بكثير في المرحلة التي لم تكن فيها موضوع أي حديث، منها اليوم حيث الخطابات عنها غزيرة حد الإفراط.

وهي خطابات درستها في الفترة الأخيرة عندما قمت بتحليل اجتماعي- تاريخي حول واقع "الأمية" العمومي بما هي قضية اجتماعية، وخصوصا عندما قمت بدراسة بلاغية حول كيفية الحديث عن "الأمية"، وذلك منذ خلق حركة ATD Quart Monde خلال الستينات، وهي الحركة التي ابتكرت هذا المصطلح الجديد (سنة ١٩٧٨)، وإلى حدود الفترة الحالية. وبذلك يكون موضوع اهتمامي موضوعا سياسيا، يتعلق بالدولة ووسائل الإعلام والخطابات العمومية التي تندد بالظلم وتدافع عن قضية، وواضعي أسس الإيديولوجيات، الهواة منهم والاحترافيين، والتنافسات ما بين مختلف منتجي الخطابات، والأساطير التي تروم إعطاء معنى لحياتنا الاجتماعية، والتي تصنف وتقيّم وتصدر الأحكام وغالبا أيضا ما تندد وتنتقد.

مخترع الإشكال
ATD Quart Monde والمنعطف الثقافي

يعود ابتكار مصطلح « Illettrisme » (الأمية) إلى حركة ATD Quart Monde التي تأسست عام ١٩٦٠ على يد القس Joseph Wrésinski.

وقد انبثقت الحركة من تجربته التي ابتدأت منذ عام ١٩٥٦ في مخيم المشردين في: Noisy Le Grand.

وفي ١٧ نونبر ١٩٧٧ عُقد اجتماع ضخم لمدة يوم في باريس، حضره آلاف من ممثلي حركة ATD Quart Monde في لقاء أسطوري. وبهذه المناسبة أعطيت إشارة الانطلاق للمشروع الذي أصبح يحمل اسم "التحدي" الذي تلخصت أهدافه في ما يلي :

"كي لا يبقى بعد عشر سنوات من الآن، أميّ واحد في مدننا وحواضرنا،
وحتى يتقن كل مواطن كان المهنة التي يحترفها،
وحتى يُعلِّم من هو متعلم من لم يسبق له أن تعلم".

وكان ذلك بالنسبة إلى ATD بداية تحول ذي مغزى في خطابها. ولم يكـن الأمر يتعلق في الواقع بتحول، بل أكثر من ذلك بإبراز أهمية موضوع كان علـى الدوام حاضرا إلى جانب قضايا أخرى وهو موضوع "محاربة الأميـة، والاهتمـام بوضعية الأميين".

وقد كانت ظروف هذا التحول الثقـافي رهينـة مـن جهـة بالخاصـيات الاجتماعية ومختلف الرؤى التي استند إليها الأشخاص الذين كانوا يوجهون فعليـا أنشطة الحركة، ومن جهة أخرى بالخاصيات التاريخية لمختلف الأنشطة ذاتها.

فقد كان النشطون في الحركة جميعهم متشبعين بالقيم والمؤهلات الدراسـية التي كانت كفيلة بإحداث الأثر المتوخى من توجه الحركة الإيديولوجي والتطبيقـي. ففيما يخص الاعتناء بأبناء العائلات التي كانت متجمعة في المخيم، اتجه التفكيـر بطبيعة الحال نحو تلقينهم أنشطة ثقافية، خصوصا منها تلك التي تتمحـور حـول الكتاب. وهكذا أسست ATD "أقطابا ثقافية" و"جامعات شعبية" و"أنديـة معرفيـة". وابتداء من أواخر السبعينيات أنشأت كذلك لجنة "القراءة والكتابة".

وأحيانا كان العمل يتخذ أشكالا تقليدية، كإقامة أقسام ابتدائية خاصة وأنديـة للشباب ومراكز ثقافية وغيرها. ذلك أن "الحلفاء"، على حد تعبير القـس Joseph Wrésinski قد "لا تكون لديهم نوايا مسبقة"، لكنهم يسهمون جميعـا فـي توجيـه الحركة وجهة ثقافية وتربوية. وهكذا تزودت ATD بأجهزة "ثقافية خاصـة" كـان حتما من شأنها أن تؤدي إلى وضع تعريف ثقافي يحدد النقص والثغرات التي يشكو منها السكان المعوزون. غير أنه إذا كانت القراءة هي الممارسة التي تتجلى فيهـا الفوارق بشكل أكبر، فإن ذلك لكونها (من بين الأنشطة جميعها المعتمدة كـالرقص والرسم والقراءة) ليست فحسب النشاط الذي تقرر أن يكون محوريا، بل لأنها أيضا

النشاط المقنن أكثر من غيره، والذي تبرز فيه بشكل تلقائي، على امتداد ثلاثة قرون من تاريخه، فوارق ملحوظة وقابلة للقياس بين الممارسين على شكل أحكام من قبيل: "مستوى ضعيف في البداية" أو "نقص في معرفة إواليات القراءة" أو ما شابه ذلك.

وبصفة ملموسة، فإن المناضلين يتوفرون، فيما يخص الأنشطة البدنية والفنية التي غالبا ما ينظر فيها باعتبار منطق تفتح الطفل، على عدد من شبكات التقييم وتصنيف السلوكات، أقل بكثير منها في منطق تقييم نقل المعارف ("التعبير بواسطة الرسم" وأهمية الرسم "من وجهة نظر نفسانية"...)

وهكذا، خلافا لما هو عليه الأمر في القراءة فإن نتائج التقييم في أنشطة الرسم خلصت إلى أن "أطفال الطبقات المعوزة، ليست لهم فيما يبدو سلوكات مخالفة لسلوكات الأطفال الآخرين".

من الفقر متعدد الأبعاد إلى "الأمية"

إن المنعطف الثقافي الذي اجتازته حركة ATD يقتضي تغييرا في كيفية الحديث عن الفقر. ومن المعروف أن من بين خاصيات تصور العالم الاجتماعي لدى الحركة التشديدُ على اتساع مفهوم الفقر. فالنظر في القضايا ابتداء بدراسة مشاكلِ مَن هم أكثر فقرا، مرورا بربط "الأمية" ب "الفقر"، تلك هي المواضيع الشائعة لدى الكتاب من أعضاء ATD. غير أن هذه المواضيع طرأت عليها تغييرات ذات مغزى ودلالة. ففي الفترة ما بين أوائل الستينات، حيث خضع مفهوم الفقر للتمحيص في مختلف أبعاده (المادي منها والأخلاقي والثقافي والروحي وغيرها)، وأواخر السبعينات، حيث أضحت الأمية تجسد منتهى البؤس والفقر، غيّر المنعطف الثقافي شيئا ما من النظرة التي كانت سائدة لدى الحركة حول العالم الاجتماعي.

وابتداء من أواخر هذه السنوات، أصبح "الأمي" يمثل تدريجيا رمز الفقر بامتياز، كما الأمية قمة البؤس و "أردأ أشكال الظلم"، لا بل علة كل إقصاء اقتصادي على وجه التحديد. وعلى سبيل المثال فقد كتب Claude Ferrand يقول: "إن الأب Joseph كان يعلم أن أشد آلام مَن هم في فقر مذقع هو البقاء على حال الجهل التي تحكم عليهم بلزوم حالة اللاجدوى والصغر والتفاهة". لقد مررنا من حال النقص في الثقافة بما هو معاناة، شأنها شأن أشكال المعاناة الأخرى الكثيرة المتعددة، إلى حال "أشد المعاناة إيلاما" وأقصاها وجعا."

لكننا عندما نقرأ الخطابات التي أنتجتها ATD حول الفقر والبؤس قبل أن تبرز إشكالية "الأمية" وتكتسي طابعا مستقلا عن القضايا الأخرى، نلاحظ إلى أي مدى انتقلت المواضيع والأساليب التعبيرية، دون أيّ تغيير، من الحقل الدلالي المعجمي لكلمة "فقير"، إلى الحقل الدلالي المعجمي لكلمة "أميّ".

وإذ ما قمنا بقراءة استرجاعية، فإننا سندرك أن كل ما كان يقال حرفيا عن "الفقير"، أصبح ينطبق تدريجيا على ما سمي بداية "الجاهل" ثم "عديم الثقافة" وأخيرا "الأميّ".

ونلاحظ لدى قراءة المحاضرة التي ألقاها القس Joseph Wrésinski بجامعة السربون يوم الفاتح يونيو ١٩٨٣ تحت عنوان: "من أجل القضاء على الفقر" أن المحاضر نقل حجاجا كان في البداية ينطبق على مفهوم "البؤس" فأسقطه على مفهوم "الأمية"، فكتب قائلا:

"البؤس هو وضعية الإنسان الذي لا قدرة له على التحكم في شيء من جسده ولا في تفكيره ولا في حياته". وإذا ما طبقنا العبارة على لفظ "الأمية" الذي أضحى مرادفا لكلمة "بؤس" أو "فقر مذقع" فإن مضمون العبارة هذه يصبح بكل بداهة قابلا للنقاش. ومع ذلك فإن هذا النوع من الخطاب (عدم القدرة على "التحكم في المصير" وعلى "تنظيم التفكير" وعلى "السيطرة على المحيط") هو الذي ظل سائدا منذ ذلك الوقت حتى كتابات وخطابات بعض "المختصين" الإعلاميين في القضية.

الدولة تكرّس والقضية تتخذ بعدا استقلاليا

خلال عام ١٩٨٣ بدأت آثار العمل الاجتماعي والرمزي الذي قامت به ATD Quart Monde تظهر جلية. فقد كوّن Pierre Mauroy الوزير الأول آنذاك لجنة كلفها بالتفكير في موضوع "الأمية". وأدت أعمال اللجنة أولا إلى نشر تقرير رسمي عام ١٩٨٤، وجهته إلى الوزير الأول في موضوع: "الأميون في فرنسا"، ثم بعد ذلك أُنشئت "المجموعة الدائمة لمحاربة الأمية".

وكان تسليم أمر قضية المناضلين وتحويلها إلى شأن من شؤون الدولة، عملية يمكن وصفها على حد تعبير Max Weber بأنها آلت "من الأنبياء إلى البيروقراطيين" أو من "المبشّرين" إلى "موظفي الهيكل" الذين أصبحوا يمتلكون الوسائل المادية وكذا العلمية لدى مؤسسات البحث الكبرى مثل INSSE أو INED، ولدى الشبكات المؤسساتية التي لها امتداد واسع جدا. وهكذا إذن صارت "الأمية" قضية من "قضايا الدولة"، ليمر الوضع تدريجيا من العهد الذي كان فيه المبشر أحيانا يصيح في واد فلا يجد أذنا صاغية، إلى مرحلة أصبح فيها المعني بالحديث شبه مقتنع أَلِفَ الخوض في موضوع "الأمية" بفعل العمل الرمزي والبلاغي الدؤوب الذي تراكم على مدى السنين السابقة.

وإذ باتت القوى الاجتماعية مرتبطة بمفهوم "الأمية" فإنها صارت في مستوى قدرتها على إدماج أو إعادة طرح تساؤلات وقضايا وإشكالات قديمة ظلت إلى ذلك الحين قائمة تواكب الوضع لا تجد مجالا يجمع بين مختلف مكوناتها. وعلى الرغم من المبادرات التي حاولت من خلالها السلطات الرسمية تثبيت المعنى الذي تحمله الكلمة، فإن الضبابية التي كانت في واقع الأمر تكتنف دلالة المصطلح – تثير الأسف في غالب الأحيان لدى الأفراد، وتظل سارية المفعول ملائمة مواتية على المستوى الجماعي – أدت إلى اتساق مزيج من العناصر الملفّقة. ذلك أن الوصول إلى تحقيق انسجام بين عناصر احترافية شديدة التنوع هو العقبة الكأداء التي

استطاع تجاوزها، جماعيا وفي غيرما تشاور، المنتجون الاحترافيون في الخطاب حول "الأمية". فقد أصبحت الأمية – بما هي مجال خطابي مشترك تلتقي فيه العديد من القضايا الواقعية التي لا يجمع بينها من الصلات الحقيقية في واقع الأمر إلا القليل، كما تصب فيه العديد من الاستيهامات الاجتماعية – أسطورة اجتماعية تغذيها الجماعة. ولما تأسس مفهوم "الأمية" على المستوى الاجتماعي–السياسي، صارت شكلا سائدا من أشكال تصور العالم الاجتماعي، وأضحى على الرغم من الضبابية التي تكتنفه يفرض رؤية العالم من زاوية خاصة، هي التي تستند أساسا إلى الثقافة (لا الاقتصاد ولا السياسة ولا غيرهما...)

وهكذا يتجلى بوضوح أننا أمام مقولة شاملة، قابلة للتوسيع أو إعادة التحديد حسب الاقتضاء، تتيح في الوقت ذاته لمختلف الفاعلين ومختلف المبادرات تَبَنِّيَ شعار "محاربة الأمية". لذلك فإن الغموض الدلالي ليس نقيصة ولا هو علامة على خلل وظيفي اجتماعي، بل هو على العكس من ذلك الشرط الأساس ذاته الذي به تتحقق مردودية المفهوم وفائدته الاجتماعية.

العرقية الثقافية وسلوك التنديد

تفصح الخطابات السائدة حول "الأمية" عن تجليات متعددة لرؤية القارئين العرقية، أو ما يسمى أيضا بالعرقية الثقافية. ذلك أن إضفاء الفرد طابع المثالية والسمو المطلقين على خاصيات الثقافة التي ينتمي إليها، عادة ما يؤدي به إلى تصور أزهى الحلل والأوصاف استنادا إلى مقاسه الخاص (كمال الإنسانية، المواطنة الحقة، السعادة الحقيقية، الذكاء الطبيعي، الحياة الأصيلة...) والحكم تبعا لذلك بالصغر والتفاهة، أو بالعظمة والرفعة، على غيره من بني البشر. إن الحديث عن الامتياز والكمال والطاقات الإنسانية وكمالية الوجود، والجوهر البشري في أتم أشكاله... كل ذلك يجسد السبل التي يحيط الإنسان عبرها نفسه بحدود الوجود، بما هو في اعتباره حياة تستحق أن يعيشها، مع العمل – باحتشام أو في حَنَق – على

إقصاء من هم أبعد ما يكون من تصوره الخاص. وهكذا عَنَّ لباحثٍ لغوي أن يكتب عام ١٩٩٨، بما أوتي من وعي المثقف المنشغل بموضوع "الأميـــة"، أن الأطفـــال الذين يواجهون صعوبات في تعلم اللغة (شفاهيا أو كتابة) "سيكونون أقل إنسانية من الآخرين، وأكثر عرضة للتأثر بالخطابات ذات النزعة العرقية والتطرفية، وتستحوذ عليهم بسهولة أكبر الشروحات الساذجة البسيطة والقطعية، كما أنهم يكونون أكثـــر ميولا إلى العنف، ومن شأنهم أن يكونوا أعداء طبيعيين لكل أجنبي أو غريب "

وهكذا فإن "الأميين"، وقد وصفهم الكاتب ذاته بأنهم "لا يصـــلحون لشـــيء" وأنهم "أقل إنسانية من الآخرين"، يبدون وكأنهم حقا همج متوحشون.

وتتجلى العرقية الثقافية ذاتها لدى قراءة كاتب آخر وهو من كتاب المقـــالات عندما يقول: "الكتاب هو التسمية الأخرى لإجراءات أنسنة الإنسان" أو أيضا عندما يقول بأن "انعدام الكتب لا يقتل الجسد ولا الروح ولا العقل: إنـــه فحســـب يمنـــع الإنسان أن يكون أو أن يصبح إنسانا". ولا داعي إلى التذكير بمـــا يفترضـــه هـــذا التعريف الذي يحدد كمال الإنسانية بالكتاب وبالأدب هنا خصوصـــا، مـــن الحكـــم بالصغر والدونية، أي من إقصاء السواد الأعظم من الرجال والنساء من الانتمـــاء إلى مملكة الإنسان...

١٩٦٠ – ٢٠٠٠: من الاقتصادي إلى الرمزي

ماذا يمكن استخلاصه من كل ما سبق؟ ليست القضايا العمومية والسياســـية (كالديموقراطية والمواطنة والشغل...) هي التي اندرجت، من بداية الستينات إلـــى نهاية التسعينات، في إطار المنعطف الثقافي الضخم ليعاد تحديدها ثقافيا، بل أيضـــا القضايا الخاصة و/أو الأخلاقية من قبيل التفتح الفردي والكمال الشخصي والسعادة والكرامة أو الإنسانية.

وقد أضحت الثقافة المشروعة، وعلى وجه الخصوص الثقافة المدرسية العامة، هي تقريبا المقياس الذي يحدَّد على ضوئه كل شيء بما في ذلك الفضيلة. فالإنسان "الكامل" و "المتفتح" و "السعيد"... هو الذي يكون مثقفا. وآل الأمر إلى الاعتقاد بأن الإنسان الخيّر، وكذا الإنسان الذي "يعيش سعيدا" لابد أن يكون بالضرورة "إنسانا يمتلك ثروة ثقافية". وكثيرون هم اليوم المفكرون الفرنسيون الذين يرون أن العلة الأساس في وجود "العنف" هو "غياب الثقافة".

وعلى سبيل المثال، فبعد أن أعلن فيلسوف فرنسي أن "حب اللغة يتقلص شيئا فشيئا" في فرنسا، صرح عام ١٩٩٩ قائلا: "أعتقد أن هناك صلة بين تردّي مستوى اللغة وظاهرة العنف في المدارس، ذلك أنه كلما تقلص المستوى اللغوي زادت حدة الميول إلى الخيارات التبسيطية، وبالتالي إلى الخشونة في التعامل. وعودة العنف البدني إلى حضارتنا المعاصرة - وتلك مفاجأة نهاية القرن العشرين - ظاهرة ينبغي أن ينظر إليها في إطار هذا التردي اللغوي العام."

كما أن لغويا فرنسيا آخر هو الذي ما فتئ منذ سنوات عديدة يجزم أن ما يسميه "اللغة الأمية" وكذا التي تستعمل في الضواحي هي التي تمنع "كل محاولة لبناء علاقة سليمة تسامحية منضبطة تجاه عالم أصبح اليوم خارج نطاق الكلمات ولا يأبه بالتعبير"، وذلك لأن هذه اللغات قد لا تكون لديها "القدرة على خلق متسع من الوقت يسود فيه التحاور اللغوي الهادئ الكفيل بتفادي المرور إلى الفعل والمواجهة البدنية". بل ويعتقد هؤلاء المفكرون أن انعدام الثقافة هو الذي يجر أحيانا إلى السلوكات التطرفية واللاتسامح والعنصرية وكره الأجنبي...

لكن، من أين يمكن يا ترى أن يأتي هذا اليقين الذي لا شيء يؤسسه اجتماعيا ولا تاريخيا، والذي مفاده أن الثقافة قد تتولد عنها حتما سعة الفكر والقدرة على التفاهم، وأنها تستتبع لزوما نظرةً إلى العالم الاجتماعي وممارسةً في إطاره سلميتين معا؟ من أين يأتي هذا اليقين بأن فهم العالم يزيد الكائنات البشرية

بالضرورة حكمة ويجعلها دون شك أفضل حالا وأشد حرصا على السلم والتسامح؟ وجملة القول، من أين يأتي هذا اليقين بأن الثقافة هي أيضا أخلاق؟

لو وضعنا لمدة طويلة جهابذة المفكرين هؤلاء الذين بلغوا ذروة الثقافة، في ظروف تتسم بالإحباط الاقتصادي والاجتماعي المستديم الذي يعيش فيه هؤلاء الشباب الذين طالهم "الفشل الدراسي" واستغرقتهم البطالة وهم يعيشون في أسر ترزح تحت نيّر الدمار الذي لحقها من جراء تحولات النظام الاقتصادي، فهل يمكن الاعتقاد بأن هؤلاء المفكرين سيظلون متشبثين بنظرتهم الثقافية العقلانية إلى العالم الاجتماعي، بعيدا عن كل ميل إلى العنف أو العدوانية؟

في واقع الأمر، فباستثناء ما تحدثه العملية التربوية في مجال التأديب وحمل الأجساد على الانضباط من آثار تكييف – وهي آثار ثانوية لكن لا جدال في أهميتها – فإن الرصيد الثقافي وإن كان ذا وزن لا يقي في حد ذاته من الهمجية والتوحش أو العنف، ولا يستتبع قطعا اكتساب نزعات أخلاقية. فلقد أدى الإفراط في إسقاط البعد الأخلاقي على الثقافي في نهاية المطاف إلى نسيان أن هذين البعدين لا يتطابقان بالضرورة. ذلك أن "فساد الأخلاق" وامتلاك الرصيد الثقافي الضخم، أمران يمكنهما للأسف الشديد أن يعيشا متجاورين. ولا ينبغي التسرع في الحكم على الأخلاقية أو الفضيلة استنادا إلى مستوى المعارف المدرسية أو الكفاءة الثقافية أو على أساس حجم (أو وتيرة) الأفعال الثقافية، مع التشكيك جزافا وظلما، من جراء ذلك، في فضيلة أولئك (من بين أفراد الطبقات الشعبية القروية والحضرية) الذين هم أكثر ما يكون بعدا عن أشكال الثقافة المشروعة.

وهكذا، فإن الاهتمام الزائد بقضية مثل قضية "الأمية" يبدو عرضا من بين الأعراض الدالة على هذه الوضعية المركزية التي تحظى بها الثقافة (الأدبية، أو الكتابية أساسا) في الرؤية السائدة حول العالم الاجتماعي وقضاياه.

حاولت على طول هذه المحاضرة التذكير بأن "الأمية" عنصر من بين عناصر "الإقصاء" الأخرى، أو إشكال من بين الإشكالات الأخرى. لقد أدى بنا المطاف تاريخيا إلى "الأمية" بما هي أصل "الإقصاء" وعلته ورمزه، وذروة أشكاله. وكان من شأن هذا الانعطاف في الخطاب الذي يمكن ملاحظته داخل حركة ATD Quart Monde ذاتها، أن انتشر انتشارا واسعا خارجها، تواكبه وتمجد أعمال مفكرين (كتاب مقالات وفلاسفة ولغويون واحترافيون في المجال الثقافي...) جعلوا من تقلص القراءة والصعوبات على مستوى الكتابة منتهى البؤس والعوز الإنساني.

والتساؤل الذي أطرحه في ختام هذه الجولة التحليلية حول مضمون "الأمية" هو معرفة ما من شأننا أن نربحه، وخصوصا أن نخسره، عندما نتحدث عن العالم الاجتماعي على هذا الشكل.

التعليم بين واجب نقل المعارف والقدرة على التعلم(٦)

بقلم فيليب ميريو
Philippe MERIEU

لقد اكتفت مجتمعاتنا لمدة طويلة بتعليم من كانت لديهم الرغبة في ذلك وكان لديهم استعداد اجتماعي للتعلم. لكن، وبمجرد أن قررنا تطبيق المبادئ الديمقراطية في مجال اكتساب المعارف، فإن ذلك السلوك لم يعد ممكنا. وهذا في حد ذاته ما يستلزم بالضرورة قيام التفكير التربوي المحض. ذلك أن "علماء التربية" ذاتهم عقدوا العزم، كلا في عهده، على النهوض بمشروع تعليم من ذاع في شأنهم أنهم غير قابلين للتربية.

وبهذا الصدد فإن الحداثة في مجال التربية بدأت مع Pestalozzi (١٧٤٦ - ١٨٢٧)، عندما قرر المربي الذي تتلمذ على يد Rousseau، وقد قوبل بالرفض من قبل المتوحشين، أن لا يتخلى عنهم. كما أنه لم يلجأ إلى تعليمهم باستعمال أساليب القسر والإجبار، بل بذل كل جهوده في مساعدتهم حتى يتمكن كل واحد منهم - حسب عبارته الرائدة - من "تشغيل طاقاته الذاتية" وتلك مسؤولية جسيمة، غالبا ما يتحمل إنجازَها بصبر وثبات، خارج المؤسسات الرسمية، رجال ونساء من طينة خاصة أمثال Makarenko, Ferrer, Froëbel, Jacotot, Itard, Montessori Korczak, Freinet, Don Milani, Paulo Freire, أو Fernand Oury

ومن حين لآخر، يبرز واحد من أمثال هؤلاء ليراهن على أن من حُكم عليهم بالإقصاء خارج دائرة اللغة والثقافة، يمكن أن يرقوا إلى أعلى مستوياتها إذا

---

(٦) نص المحاضرة رقم ١٤٦ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢ سبتمبر ٢٠٠٠.

توفرت لهم الوسائل، وإذا عرفنا كيف نرسم طريقنا بين التخلي عنهم ومحاولة تقويمهم، وكيف نخترع الوسائل التي تثير لديهم الرغبة في التعلم والتّوْق إلى النمو.

نقل المعارف ضرورة لازمة، وعدم نقلها إخلال بالواجب

يتميز الإنسان بقدرته الخارقة على التعلم. لكن الوجه الآخر من العملة، أن الطفل ينبغي أن يتعلم كل ما من شأنه أن يساعده على العيش بين أمثاله. لذلك فإن المتعلم لا يمكنه أن يختار بنفسه ما يجب أن يتعلمه. فأولادنا لا يختارون اللغة التي سوف يعبرون بواسطتها ولا العادات التي سيعيشون عليها فيما بعد، كما أنهم في المدرسة لا يستطيعون اختيار المواد التي يتوجب عليهم تعلمها لكي يندمجوا في المجتمع. فلو أن الطفل كان بإمكانه أن يختار مواضيع تعلّمه لكان ذلك يعني أن تعلّمه قد حصل مسبقا. وليس هناك من "اعتبار" يمكن أن يبرر التخلي عن القيام بالتربية. فالبالغ تقع على كاهله مسؤولية لازمة، من باب "واجب اللاحق على السابق"، لذلك لا يمكنه التخلي عن الطفل وإهمال واجب إدماجه في تاريخ مجتمعه.

ولا شك أن مسألة النقل هذه لم تكن تطرح على المعلّمين في الماضي بالحدة ذاتها التي تطرح بها اليوم. ويفسر Hannah Arendt، في مؤلفه "أزمة الثقافة" أن على المدارس اليوم أن تقوم بدور كان القيام به في الحقب الماضية يؤول طبيعيا إلى الأسر. ذلك أنه إلى حدود الأمس القريب، كانت الفروقات بين جيل والذي يليه بسيطة جدا لا تكاد تظهر، حيث كانت الأجيال تتماثل بشكل شبه تام، إلى حد أن الصلة بينها كانت تقوم طبيعيا على أساس تأثير السابق في اللاحق، فكانت تنتقل عبر الحياة اليومية خلال السنوات الأولى من عمر الطفل، ثقافةٌ بأكملها تراكمت وترسبت عبر السنين، مما يمكّن الثقافة لمدرسية من النمو على قاعدة من المكتسبات تكون نسبيا قارة ثابتة.

بيد أن "صلة الوصل العائلية" هذه أضحت اليوم هشة واهية. وقد اشتغل المربون منذ القديم على وجه التحديد مع أطفال هم فعليا أو رمزيا يتامى، لعلمهم أن

وضعية هذه الفئة من الأطفال تستلزم مضاعفة الجهود في عملية النقل الثقافي، لإعادة ربط الصلة بين الفرد وتاريخه. وما كان "للمربين العظام الذين طبعوا التاريخ بميسمهم" أن يتخلوا عن عملية النقل هذه، بل ظلوا متشبثين بها حد الإفراط، وتمسكوا بها تمسكا مطلقا وفق مبدأ قابلية التربية. فمنذ عهد Itard – الذي اخترع أولى الألعاب التربوية لتعليم Victor de l'Aveyron – إلى عهد المختصين في مجال "التربية بالأهداف" – الذين يصنفون المعارف وفق صنافات عالمة، لضمان استيعابها – وهم يصرون في عناد على التعليم والتلقين، حَدَّ الانزلاق أحيانا نحو العنف والمناورة. ولكون المربين تعاملوا عن قرب مع الأطفال الذين هم أشد عصيانا ومقاومة، فإنهم عايشوا قبلنا جموح الرغبة التربوية وكتبوا عنها، وكان ذلك أيضا شأنهم فيما يخص محاولاتهم ومساعيهم وهو يواجهون المقاومة والرفض، فتراهم يلجؤون تارة إلى القوة، ويكتفون تارة بخضوع ظاهري، ويجنحون حينا إلى إهمال المعاندين أو إقصائهم، ويحاولون الحد من حريتهم أحيانا...

وفي كتاباتهم ما يشهد – وإن بأسلوب غالبا ما يكون غير موفق – على ما يعيشه اليوم عدد كبير من المدرسين. كما أنهم يعبرون جميعا، بطريقة أو بأخرى، عن التناقض ذاته القائم من خلال الواقع الذي مؤداه أن: من اللازم نقل المعارف، لكن لا شيء ينقل حقيقة ما لم يكن ذلك بمحض إرادة المتعلم.

نقل المعارف طريق تربوي مسدود...

تتجسد الطامة الكبرى في واقع الأمر عندما تصطدم عزيمة بأخرى:

"سوف تجتهد في التحصيل اجتهادا، وأراهن على ذلك... لن أدَعك حتى تفهم، وسوف أعيد الشرح تلو الشرح حتى تستوعب طريقة العمل وتثبت لي ذلك. ولابد لك في نهاية المطاف من الانصياع..." ذاك هو موقف البالغ الذي يعتقد أن بإمكانه علاج ضعف الشهية بصب الطعام في المعدة صبا. عزيمة تحرُن فتثور لذلك حفيظة عزيمة أخرى فتتحفز. وهكذا يتأرجح الوضع إذن فتنتج عنه مشادات لا يكون

المدرسون مستعدين لها، مما يؤدي بهم غالبا إلى الإحساس بالإهانة. ذلك أن المدرسين عندما ينساقون وراء سلوكات المواجهة الصدامية، يجدون أنفسهم أمام شبان خصوم يتقنون أساليب مكابرة القسر والإقصاء، ويبرعون في تحديد مكامن الضعف لدى الآخر وفي خدش جراحه.

والحق أن وظيفة نقل المعارف عندما يجنح من ينجزها إلى "الأوامر والقرارات الجازمة"، تستتبع بالضرورة نفيا ضمنيا لدور الفرد في تربيته الخاصة. ذلك أنه لا يمكن بأي حال من الأحوال، ومهما كانت الجهود المبذولة، إرغام أيّ كان على التعلم. لا جدال في أنه من الممكن إلزام المتعلم على تكرار جملة أو القيام بحركة، أو الخضوع لقاعدة معينة أو ما شابه ذلك، لكن ليس هناك من شيء في ذلك كله يندرج في إطار تعليم إنساني محض، بل يبقى الحال هنا على مستوى "الترويض الحيواني" أو "الآلية الاجتماعية".

وكثيرون هم بهذا الصدد الفلاسفة الذين يكشفون النقاب عن وجود ثغرة لا يمكن ملؤها في كل عملية تعلُمِيّة: فمن Menon عند أفلاطون إلى تناقض القيثارة في: Ethique à Nicomaque لدى أرسطو ومن Saint Augustin إلى Descartes، ومن Pascal إلى Rousseau، ومن Bergson إلى Jankélévitch، نجد فكرة واحدة تتكرر، مفادها أن التعلم مجازفةٌ لا يمكن اختزالها في علة وجودها. وذلك بالذات ما يقول به المربون على طريقتهم الخاصة. فما فتئ كل من Montessori و Freinet و Cousinet يكررون أن على المعلم أن يواكب وأن يواكب فحسب، فلا يقوم مقام الآخر أبدا ولا ينجز العمل بدله. ويذهب Rogers من جهته أبعد من ذلك حين يقول إن رفض التعلم ما هو دون شك إلا تعبير ظرفي - في سياق علم النفس الاجتماعي الأمريكي - عن اليقين الذي يؤسس فكرة مفادها أن الإنسان "لا يستوعب جيدا إلا ما تعلمه ذاتيا".

وأخيرا يأتي Jacolot ليصل بالإثارة حد الاستفزاز وهو يستقصي فكرة Rousseau إلى أبعد حدودها، فيزعم أنه "لا يمكن أن نُعلّم إلا ما نجهله؛ ذلك أننا عندما نَعلَمه نفسره، فنمنع الآخر بتفسيرنه من اكتشافه"...

لا جدال في أن Jacolot يذهب بمكر التفكير حد الإيحاء بأن الجهل هو علة الإجراء، في حين أن السر يكمن في خفة وجود المدرس وتدخله باحتشام واتـزان أثناء نقله المعارف، حتى يترك المجال الكافي للآخر كي يتعلم من تلقاء ذاته.

والحق أنه ليس من السهل اختزال التعلم في المقولات السببية التقليدية؛ ذلك أن الأمر يعني "محاولة القيام بشيء لسنا نعرف كيف نقوم به حـين نأتيـه". إنـه الالتزام والمواجهة والمغامرة والمجهول، بالاستناد حقا إلى جهود المـدرس وكـل المساعدات التي يقدمها، لكن بإتيان فعل لا يمكن أبدا استنباطه من علة وجوده.

التربية هي القيام بوساطة من أجل "أن يُشغّلَ كلُّ طاقاته الذاتية" (Pestalozzi)

لقد أصبح من نافلة القول إن أزمة المدرسة تعزى إلى فقدان مفهوم المعارف المدرسية مدلوله الحقيقي. فعلى الرغم من كون التقليد التربوي ما فتئ يشـدد منـذ زمن طويل على الفكرة التي مفادها، حسب تعبير Dewey، أن "كل درس ينبغـي أن يكون جوابا"، فإن هذا التقليد استمر لمدة طويلة يخلط بين "المعنـى" و"الفائـدة". ذلك أنه لشدة حرصه على إظهار المعارف بما هـي ضـرورية ولازمـة لحـل الإشكالات وفهم وضعيات ملموسة، أعطى الامتياز والأولوية للمعارف الوسـائلية والأدواتية. وباسم "التلمس التجريبي" الذي نادى به Freinet، فقد عمد أحيانا إلـى الحلول الترقيعية الترميمية واستبعاد التفسيرات النظرية المعقدة، وذلك تحت قنـاع البحث عن الفعالية والنجاعة الآنية.

بيد أن Louis Legrand نادى منذ بداية الستينات باعتمـاد نهـج تربـوي تعجّبي، مشددا على البعد الرمزي في المعارف ورافضا اختزالها في بعد نفعي.

ومما يزكي وجهة النظر هذه في الفترة الحالية، أن طابع المعارف المدرسية النفعي لم يعد معترفا به من قبل المتعلمين أنفسهم، سواء فيمـا يخـص نجـاحهم

الشخصي (حيث لم يعد أحد يرى في المدرسة أداة للترقية الاجتماعية)، أو فيما يتعلق بمساعدتهم على فهم العالم. فلا فائدة في بذل قصارى الجهود لشرح فائدة المعارف المدرسية أمام التلاميذ، إذ إنهم مسبقا لا يعيرونها اهتماما ولا هم يقيمون لها وزنا. ولا سبيل إلى إقناع من هو أصلا خارج دائرة الاقتناع.

يجب أولا إعادة وضع المعرفة في إطار المرغوب فيه، وإيلاؤها مكانا في فضاء التلاميذ الرمزي. لكن الواقع أن المدرسة قد تخلت عن البعد الرمزي وتنازلت عنه لفائدة السوق. وهكذا فبعد أن يستنفذ الأطفال كل ما لديهم من نقود الجيب في ألعاب الفيديو وأرقى إنتاجات الصناعة السينمائية، يعودون إلى فصولهم الدراسية، "لأن ذلك إلزامي" ولأنه ينبغي الحصول، في حال تأتّى لهم ذلك، على بعض النقط التي تساعدهم على "تجنب الأسوإ".

وهكذا فلم يبق هناك شيء، مما هو أساس في جوهر الإنسان، يجد له صدى في المعارف المدرسية التي استقطبتها كاملة "البيداغوجيا البنكية"، على حد تعبير Paulo Freire.

هذه هي الأرضية التي ينبغي لنا العمل انطلاقا منها إن نحن شئنا أن لا نترك المدرسة تُفرغ من جوهرها، ذلك أن المدرسة لن يتاح لها أن تثير الرغبة في التعلم إلا إذا هي مكّنت من اكتشاف ثقافة كونية تعيد تأسيس أصول البعد "الإنساني" المتوارث أبا عن جد وتحيي فروعه.

ولا بد لتحقيق ذلك من التمسك بما هو قمين بأن يكون له في مختلف الثقافات وأنواعها صدى يتجاوز الأفراد ليتصل بالثوابت الأساس في الجنس البشري، ويربط الكائن الفرد بأمثاله من بني جنسه. وتلك سبيل لا تدع مجالا لاستسلام ولا لتنازل، بل هي على العكس من ذلك قوة اقتضاء توفق بين ما هو شخصي حميمي وما هو كوني شامل، لأن في ذلك يكمن بالتأكيد الرهان الذي تحاول كل تربية كيفما كانت أن تربحه.

إن مساعدة إنسان على بناء شخصه لا تكون بإرغامه على التنكر لتاريخه والتنازل عنه وعن كل ما في قرارة النفس يغذي إرادته. كما أن مساعدته على بناء شخصه لا تكون بحرمانه مما يمكن أن يجسد رغبته ويسطر اسمه في سجل تاريخ بني الإنسان ويربطه بالآخرين في علاقة نسب تجد مكانها في إطار "الآثار الكبرى" وقضايا العلم الأساس وأعظم الابتكارات التي تطبع التاريخ البشري، كما تشهد بذلك حالات كثيرة من أمثال Lascaux وحسابه في مجال اللامتناهي في الصغر، وغاندي وفلسفته وشجرته، وخرائط الكنوز، والإعلان عن حقوق الإنسان، وهوميوروس، وإنشتاين، وهيرودوت وموزار...

من أجل ذلك يلزمنا، كما يدعونا إلى ذلك Jérôme Bruner في مؤلفه الأخير، أن نستعيد (أو نبتكر) "فن استغلال الأسئلة وإبقائها حية"، لأننا بذلك لا نقتصر فحسب على تجديد الصلة بين الأجيال، بل نتعلم أيضا كيف نربط الصلة بأولئك الذين يطرحون الأسئلة ذاتها اليوم، وإن كانوا لا يأتون لها بالأجوبة ذاتها التي كانت لها بالأمس.

فبين النسبوية التفاضلية التي تحكم من جهة على الأفراد بلزوم الطابع الاجتماعي والثقافي، وبين النزعة الكونية الدوغمائية، التي تواصل من جهة أخرى الاحتلال من الداخل، يوجد هناك مكان لمنهج تربوي يتعرّف في إطاره التلاميذ جميعهم ذكورا وإناثا أنفسَهم تجاه هذه الأسئلة، وهم قادرون على قبول الاختلاف في أجوبتهم دونما لجوء إلى العنف.

"دونما عنف" في عالم سلمي يسوده الهدوء؛ تلك هي على وجه التحديد الإشكالية بالنسبة إلى العديد من المدرسين. ذلك أننا نشهد اليوم تصاعد ظاهرة كبرى تتمثل في كون التلاميذ يصلون اليوم أكثر فأكثر "تحت الضغط" إلى عتبة القسم. وعلة ذلك أن الصعوبات الاجتماعية والاقتصادية والعاطفية التي يعيشونها تجعلهم أقل ما يكونون استعدادا لتلقي المعارف المدرسية التي تُعرض في شكل من الوضوح المنطقي. فهم في حالة المكلوم المجروح الذي تكفي أدنى إشارة تأملية،

تافهة في نظر المدرس الذي يرتكبها، لجعلهم يستشيطون غضبا وحنقا. ولم يسبق أن كانت العلاقات داخل القسم على ما هي عليه اليوم من الحدة العاطفية، ولم يسبق أن كان القسم على ما هو عليه اليوم من الافتقار إلى الوسائل والأشياء الكفيلة بتلطيف الجو عندما تحتد العلاقات ويسود الاغتياظ.

لذلك فإن الممارسات التربوية التي تُستلهَم من "الطرق الحديثة" أو من "منهج Freinet " أو من المنهجية التي أعطى انطلاقتها مؤخرا Georges Charpak تحت اسم "وضع اليد في العجين"، كلها ممارسات تكتسي أهمية بالغة. وإذا كانت هذه الطرق "حديثة" بالأساس، فإن ذلك لا يعني في شيء أنها "غير توجيهية"، بل هي على العكس من ذلك تتيح ولوج مجال القانون وقواعد الحياة العامة والمعارف الأساس اللازمة لأداء المهمة المشتركة على أحسن وجه. فعندما يكون أطفال معيّنون أمام تجربة علمية، وعندما تكون لديهم منهجية عمل، ويكون بمقدورهم أن يلاحظوا بأنفسهم "ما يسير على ما يرام" وما هو عكس ذلك، فإنه يصبح من الضروري أن لا يبقوا حبيسي وضعية ميزان القوى المحض.

وبقدر ما يكون المدرس على انتباه حتى لا يقدم أيُّ عنصر من عناصر المجموعة على إخفاء نتائج أو على اضطرار غيره إلى لزوم الصمت خلال تبادل الأفكار، فإن التلاميذ، وإن كانوا صغار السن، يكون بإمكانهم التداول والمناقشة بشكل يؤدي إلى بناء الحقائق تدريجيا بعيدا عن التوترات الانفعالية والإشكالات الاجتماعية التي يمكن أن تكون فرصة لا تعوض يجد التلميذ فيها نفسه في مواجهة موضوع ملموس وصامد، يفصح عما يقوله ولا يمكن أن نُقوّله ما لا يقبل القول به، علما أننا نتجرأ فنخول لأنفسنا الحق في ملء فراغات النص وتأويل فضاءاته التي تصل الكلمة بالتي تليها والجملة بسابقتها ولاحقتها. وقُل مثل ذلك فيما يتعلق بخارطة جغرافية، ورسم بياني في الاقتصاد وفي صفحة من لغة أجنبية: فكلها أشياء ومواضيع ثقافية على محكّها يمكن قياس العلاقة - التي عليها يتأسس بناء ملكة الذكاء - بين ما ينمّ عن الخارج وما ينمّ عن الباطن.

ذلك أن الواقع الخارجي "صعب المراس" يواجهنا في مقاومة وصمود فلا يمكننا أبدا أن نفرض عليه تماما قانوننا الخاص... لكنه في الوقت ذاته يمكّننا من الدخول في "اللعبة" فنقول: "لقد فهمت"، "أعرف ذلك"، "ما زلت أتردد"، "أريد أن أتبين الأمر"... فالمدرسة تمكّن من بروز مواضيع لأنها بكل بساطة توجد الأشياء...

وهكذا ينبغي إذن في المدرسة الخروج من وضعية المواجهة بين الآراء التي تسعى إلى فرض نفسها استنادا إلى القوة أو العادة والتقليد أو فحسب إلى السلطة. وكما يعبر عن ذلك بشكل بليغ Bernard Rey، فإن "المدرسة مجال نتعلم فيه أن حقيقةَ مقولةٍ معينة ليست رهينة بوضع قائلها". فالحقيقة هنا تُكتشف وتبنى استنادا إلى منهجية صارمة تستلزم قرع الحجة بالحجة في إطار عمل يجعل الفرد يتخلص تدريجيا من ميوله التسلطية ويقبل إعادة النظر في آرائه والاعتراف بأخطائه. والمدرسة هي المجال الذي يجب فيه التحرر من الميل إلى الأحكام القطعية المطلقة من قبيل "هو ذاك أأعجبك أم لم يعجبك"؛ مجال يتحتم فيه بالتحديد النقاش والتمحيص قبل الموافقة وتبني الرأي السديد.

وهكذا فإذا كانت مهمة المدرسة هي إدماج الأطفال في المجتمع، فإن ذلك لا يتأتى إلا بالعمل تدريجيا على بناء وضعيات تعلمية يكون اقتضاء الحقيقة خلالها هو ضابط المواجهة بين الأفراد والمتحكم فيها. وفي هذا الإطار ينبغي أن يتحقق التعلم الأساس لتطبيق مبدأ "كبح الجماح": كبح جماح الانفعال السريع، وكبح جماح العواطف المتدفقة في غيرما انضباط، وكبح جماح الأحكام المسبقة وقواعد الطائفة أو المجموعة التي ينتمي إليها الفرد.

ينبغي أولا أن "تُلَقَى الرماح" كما يقول Marcel Mauss في ختام مؤلفه "مقالة حول الموهبة"، مستحضرا رواية "فرسان الطاولة المستديرة" Les Chevaliers de la Table Ronde. لابد من وجود آليات تربوية حتى يمكن بناء فضاء مدرسي يضمن العمل الفكري ويربي الناس على النقاش الديمقراطي.

يقترح علماء التربية، بغض النظر عن اختلافهم في الـرأي، بنـاء آليـات تربوية تخضع لبعض المبادئ الأساس:

- رفض العلاقة القائمة على المواجهة الثنائية، وإدراج نشاط فاصل ثالـث: فالغاية من العملية التربوية ليست هي العلاقة المباشرة التي يقيمها المدرس مع المتعلم. ذلك أن الموضوع الذي يربط بينهمـا ينتمـي إلـى "العـالم" ويتضمن مقتضياته الخاصة التـي لا تخضـع للنفـوذ ولا للنـزوات أو الميولات الخيارية الشخصية.

- التمييز بين المهمة والهدف:

ما هو جوهري في النشاط التربوي لا يكون أبدا هو "المنـتَج"، أي النتيجـة التي يمكن ملاحظتها مباشرة، بل الجوهري والأساس هو التقدم الذي يحققـه كـل فرد، والمعارف التي اكتسبها، والتي يكون بمقدوره استثمارها من جديد.

- إرساء قواعد "فضاء يسود فيه الأمن"

إن المجازفة الملازمة لكل عملية تعلّمية تقتضي رفع الضغط التقييمي الـذي يمارسه المدرس، وأن يضمن هذا الأخير عدم لجوء التلاميذ الآخرين إلى سـلوك السخرية والإهانة الذي يثبط "جرأة المحاولات الأولية" التي تحدث عنها Vladimir Jankélévitch فأجاد، والتي بدونها لا يستطيع أحد أن يروم القيام بما لا يعرف بعدُ كيف يقوم به حتى يتعلم كيف يقوم به.

- الحتمية الزمانية والمكانية

أن نعيش في جماعة يعني أن نتعلم أنه ما من شيء يكون بالضرورة ممكنا في كل زمان وفي كل مكان. فهناك أوقات للعمل وأخرى للنقاش، وهناك فضاءات للمبادرات الفردية، وفضاءات أخرى للتجمعات قصد الاسـتماع إلـى التعليمـات

الجماعية. وهناك وقت للمحاولة لا ينبغي التقييم خلاله، وآخر للتحقيــق والــرّوز يستلزم التقييمَ وتحملَ كلّ مسؤولياتِه.

- تنظيم سير الأشغال:

لا يحق لأحد أن يأخذ الكلمة دون احترام الطقوس. فالطقوس التربوية إطار، لكنه ليس إطارا "ملآن" جمعويا يتنازل فيه الفرد عن هويته لصالح الجماعة فلا يجد له وجودا إلا بما هو عنصر من الجماعة، بل إطارا "فارغا" يضمن بانتظامه توزيع الأدوار ونمط الاشتغال ووجود ذاكرة جماعية، وكذا إمكانية الدخول في اللعبة دون مخاطر تذكر.

- تعدد الموارد:

هو النتيجة الطبيعية للإصرار على تحقيق الأهــداف الثقافيــة ذاتهــا، دون اللجوء إلى القوة أو تشجيع سلوك الإقصاء أو المواربة. إن تعدد المــوارد يعنــي إمكانية المقاربة من زوايا متعددة لإثارة الرغبة في التعلم وتعزيزها، كمــا يعنــي تنويع الطرق وأشكال العمل مع مواكبة خطوات كلّ على حــدة لتفــادي التشــتت، والتذكير بالأهداف عند الاقتضاء، والمساعدة على التقييم.

- التمكين من وسائل التثبيت والتقرير:

ما من أحد يصل مباشرة ولأول وهلة إلى تحقيق الأهداف المسطرة لــه، إذ على امتداد المسار تتعدد الصعوبات والأخطاء التي لا يمكن تفاديها. بيد أن الأمــر لا يتعلق بمجرد شوائب ينبغي التخلص منها، بل إن الصعوبات والأخطــاء تجســد على العكس من ذلك فرصا للتحليل ووسائلَ للفهم ومناســبات لتقــديم شــروحات إضافية واقتراح مقاربات أخرى. فمرحلة التثبيت والتقرير بهذا الصدد ليست مجرد "استدراك"، بل هي وسيلة ضبط وتعديل هامة وأساس؛ وسيلة تنعش روح الابتكــار التربوي.

خاتمة

أستأذن في الختام للتذكير بشخص الإنسان الذي أعُدُّه أول من جسد الحداثة التربوية. ففي خريف ١٧٩٨ بعثت الحكومة السويسرية Heinrich Pestalozzi لإدارة ميتم بمدينة Stans. وكانت قوات حكومة المديرين الفرنسية قد دمرت على التوّ منطقة Nidwal، فخلفت الفاجعة أعدادا متراكمة من اليتامى البؤساء. فعلى الرغم من التعاطف السياسي الذي كان Pestalozzi يكنه للثورة الفرنسية وللجمهورية السويسرية، فإنه اعتبر أن الوضع لا يطاق إنسانيا، وهو ما جعله يقبل المهمة التي أسندت إليه. وهناك اكتشف البؤس في أشقى صوره، حيث وجد أطفالا "جبلوا على الشراسة والجفول، وتعودوا على التسول والاستجداء، يغطي جلودهم الجرب إلى حد يمنعهم من المشي والحركة، متجعدة جباههم من فرط الارتياب والحذر تجاه من كان حليفا للجيوش التي كانت السبب في شقائهم"؛ أطفال لا يستقر بهم المقام، يعيشون في خضم العنف الدائم، ولا يدركون أي شيء مما يعده Pestalozzi "معارف أولية" ولا يقيمون وزنا ل"معلّمهم". لكن Pestalozzi بادر بفتح معهد قادر في الوقت ذاته على استقبال الأطفال على حالهم، وكذا على الاستجابة لكل حاجاتهم المادية الآنية، مع "استثارة نشاطهم الفكري"، "وكان التعلم بالنسبة إليهم أمرا جديدا تمام الجدة. وبمجرد ما أحس بعضهم أنهم يحققون شيئا ما، اتقد حماسهم فصار لا يعرف الفتور".



بيستا لودزي والأيتام في «ستانس»: أكتوبر ١٧٩٨

ولنلق نظرة على مشهد القسم الذي كان يعمل فيه Pestalozzi كما نراه على رسم يعود إلى تلك الحقبة. فالمعلم لا يتكلم، بل يعرض لوحة معمارية على أنظار ثلاث فتيات من أعمار مختلفة تبدي كل واحدة منهن رأيها فيها، فينشأ نوع من التبادل يتجاوز - وكان ذلك عام ١٧٩٨ - كل أشكال المراقبة والأحكام الاجتماعية المسبقة: فتيات من بنات الشعب، يقفن في فصل دراسي، وهن يشتغلن حول أسئلة كانت تقليديا من اختصاص الذكور المنحدرين من أسر غنية، وأكثر من ذلك أنهن لا يكتفين بتلقي التعليم بل يتجرأن على السؤال والمناقشة؛ بل إن أصغرهن هي التي تستفسر المدرس بثقة وثبات. ويتابع هذا الأخير إلقاء الدرس وهو يشد يد طفل مريض، ينظر إليه طفل آخر بانتباهٍ من يأخذ على عاتقه مساعدته وحمايته. فعدم القدرة على التعلم لا يبرر الإقصاء، حيث يبقى المريض حاضرا ومحاطا بكل أشكال العناية من قبل مجموعة يهفو - وحال نظرته يشهد بذلك - إلى الانضمام

إليها في أقرب وقت. وإلى قدمي Pestalozzi جلست فتاة تعلم طفلين القراءة، تلميذة تنازل لها المعلم لفترة عن نفوذه. ومن المؤكد أن هذه الأخيرة تؤدي مهمتها بحماس، مما يسترعي انتباه الصغيرات ويثير فضولهن. وإلى جانبهن، ينام طفل تحت النافذة؛ وهو لا يزعج القسم، ولذا فلن يعاقَب ولن يحاسَب، وسيأتي دوره ليتعلم إذا كان المعلم حاضرا عندما يستيقظ. ونلاحظ طفلا آخر يشتغل وحده قائما يكتب، يبدو عليه، من خلال قسمات وجهه التي تفصح عن العزم والثبات والهدوء، أنه سيتابع الاشتغال حتى بعد انتهاء الحصة الدراسية في القسم. وفي الجانب الآخر من القاعة، نلاحظ طفلا آخر يقرأ على مسامع رفاقه كتابا بصوت جهور. ويبدو ثلاثة أطفال فقط على انتباه، بينما يتمطّى آخر معبرا عن الملل الذي يعتريه، فيما خامس ينساق وراء آخرَ نظرتُه توحي بعدم الاقتناع، ليتفرغا إلى أنشطة أخرى هي دون شك تستهويهما أكثر. فالتعلم ليس بالأمر الهين، والمثبطات كثيرة ومتعددة. لكن Pestalozzi لا يبدو منزعجا، بل هو ثابت صامد في هدوء، يترك الأمور تسير على حالها. فما الفائدة من إخضاع الأجساد، إذا كانت العقول، على أي حال، ستظل شاردة تائهة؟.. لذا فمن الأفضل له أن يحتفظ بطاقته لاستغلالها في فرص متاحة أو في خلق أخرى ملائمة. وعلى عتبة الفصل، تنتظر أم في ذراعيها طفل، قد تكون من مساعدي Pestalozzi. لكنها لا تقوم بالتدريس، بل هي ترافق وتستقبل، دون أن تستحوذ على مكانة المعلم. وفي الخارج يستمر العراك، لكن لعبة الخضوع للقواعد – وذلك ما يمكن أن نستشفه – قد حلت محل العنف البهيمي.

لا مراء في أن قسم Pestalozzi بات أسطورة. لكننا نجد فيه المبادئ التي من شأنها أن تساعد اليوم على إدراك ما ينبغي أن يكون عليه المعلم: واسطةً يمرر الثقافة، وشخصا يضمن سيادة القانون ويحافظ على نزاهة الآخرين ويضع حدودا تقي من الانحلال في فضاء بلا حدود. هو إنسان يساعد كل واحد على أن يتعرّف في الثقافة الأصداءَ الإنسانية وأجوبتَها عن أسئلتها ذاتها؛ إنسان يعدد الموارد ويرافق كُلاًّ حتى يعطيَ كلُّ أفضل ما لديه.

لهذا فللمرء أن يفتخر بانتمائه إلى جمهورية أعلنت بموجب مرسوم صادر عن الجمعية الوطنية بتاريخ ٢٦ غشت ١٧٩٢، يعتبر "أن الأشخاص الذين خدموا - بكتاباتهم وجرأتهم - قضية الحرية وعملوا على تحرير الشعوب، لا يمكن النظر إليهم باعتبارهم أجانب من قِبَل أمّة تحررت بفضل أنوارها وشجاعتها (...) لذلك قررت (الجمعية الوطنية) منح صفة مواطن فرنسي لـ Heinrich Pestalozzi."

ولعمري إن حصول عالم من علماء التربية على صفة مواطن شرفي بالجمهورية الفرنسية، لَحَقيقٌ بأن يبعث الاطمئنان في نفوس أولئك الذين يتوجسون خيفةً مما قد يلحق الجمهورية من تهديدات مردها إلى علم التربية.

الباب الثانى

الإنسان والمعلوميات:
الآلات والارتباطات والعناصر

النظام الرقمي الجديد[1]

بقلم لوران كوهين-تانوجي
Laurent COHEN-TANUGI

- فيم الكلام عن "نظام" رقمي جديد في حين أن الثورة التي أتت بها تقنيات الإعلام والتواصل الحديثة - بسرعتها وتعقيدها وتعدد أشكالها - تصيب المرء بالذهول، وفي حين أن الإنترنت يرتبط في الذهن عموما بفكرة الحرية واللامركزية وعدم احترام التراتبيات، وفي حين أن ما يُتواضع على دعوته باسم "مجتمع الإعلام" ينجلي شيئا فشيئا عن أخطار تهدد حرياتنا وحقوقنا وأمننا جميعا؟

في مواجهة هذه "الفوضى" العارمة التي لا مجال لإنكارها، فإن اعتماد فكرة "النظام" يتوخى توضيح ثلاث خاصيات رئيسة تطبع هذا المحيط الجديد:

- الخاصية "البنائية" التي تمتاز بها تقنيات الإعلام والتواصل الحديثة، إذ تقيم نموذجا اقتصاديا جديدا، كما تخلق ممارسات وتقاليد اجتماعية وثقافية وسياسية جديدة؛
- الخاصية "التراتبية" التي تطبع العالم الرقمي في أبعاده الاقتصادية والاجتماعية والجيوسياسية؛
- وأخيرا، خاصيته "الانتظامية" أو القابلة للانتظام، وخصوصية هذا الانتظام ذاته.

ما من واحدة من هذه الأطروحات إلا وهي موضوع للنقاش، وما منها إلا وتسير في اتجاه مضاد لفكرة سائدة، أو تحمل نقيضا لتلك الفكرة. وهكذا، فإن

(١) نص المحاضرة رقم ١٤٧ التي ألقيت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٣ سبتمبر ٢٠٠٠.

بعض الناس لا يرون في التقنية الرقمية أكثر من تطور تكنولوجي لا يختلف - مهما تكن أهميته - عما سبقه من تطورات. أما فكرة التراتبية، فيضعون في مقابلها، وعن حق، ما يطبع المجال الرقمي من ميوعة ومن تنازعية. وأما انتظام مجتمع الإعلام، فهو تحدٍّ كأجلِّ ما تكون التحديات شأنا وأعظمِ ما تكون مجازفة.

إن تحليل هذه الأوجه الثلاثة التي تتخذها جدلية النظام والفوضى يتيح استطلاع عالم الويب الواسع، العالم مترامي الأطراف، عالم الشبكة المعلومياتية العالمية، واستعراض مفاهيمه الأساس وإشكالياته.

الثورة الرقمية

في البدء كانت التكنولوجيا... لكن ماذا يعني بإيجاز مفهوم التقنية الرقمية، وكيف وصلت هذه التقنية إلى ما هي عليه اليوم؟ إن المراحل التكنولوجية الكبرى التي قطعتها الثورة الرقمية معروفة:

- تطور مستمر في قدرة الحواسيب على معالجة المعلومات وتخزينها وكذا في سرعة نقل المعطيات، يواكبه انخفاض مستمر كذلك في أسعار التجهيزات وفي حجمها، إضافة إلى تنميطها جميعا في نمط واحد ينتظم حول الحواسيب الشخصية (PC) ونظام النوافذ (Windows). وقد أتاحت هذه الظواهر جميعا إنتاج تجهيزات معلومياتية خاصة بالمهنيين، تلاها انتشار تلك الأجهزة خلال الثمانينات انتشارا جعلها في متناول الجمهور العريض، وذلك خلال عقد الثمانينات.

- ارتباط متعدد الأطراف بين الحواسيب، وتطور الشبكات الرقمية، بفضل تعميم التشفير الرقمي وتطور وظيفة القدرة على نقل المعطيات (من قدرة على النقل وعلى الضغط الرقمي وتبادل حزمات المعلومات بين الحواسيب). وقد تمخض ذلك كله عن الإنترنت وعن الشبكة المعلومياتية العالمية خلال عقد التسعينات.

فما من معلومة – سواء جاءت في صورة نص مكتوب أم كلام مسموع أم صورة ساكنة أم شريط من الصور – إلا يمكن ترقيمها، أي تحويلها إلى لغة مبنية على شكل بتّات (الوحدات التعدادية المزدوجة التي تمثل الوحدات القياسية الأساس من الإعلام الإلكتروني). ومن خصائص الإشارة الرقمية أنها تتيح إمكانات أكثر بما لا يقاس من تلك التي تتيحها الإشارة القياسية، إذ تمكن على الخصوص من إقامة اتصالات متعددة الوسائط، تجمع صورا ورسوما متحركة وشرائط مصورة وتسجيلات صوتية وبرامج معلومياتية وغيرها، فتتيح للمستعمل أن يتعامل معها ويحاورها جميعا في آن معا. وقد كان من شأن التطور المذهل الذي شهدته الوظائف الحسابية التي تنجزها المعالِجات الصُّغرية أن أتاح شيئا فشيئا غزو شبكات نقل الصورة والصوت، التي كانت حتى ساعتها تعمل أساسا بالنظام النظيري.

لقد أتت عملية التشفير الرقمي ثلاث ثمار رئيسة. أما أولى تلك الثمار، فهي إمكان تخزين المعلومة المرقمة ونقلِها عبر حاملات مادية شديدة التنوع (من أسلاك كهربائية وألياف بصرية وموجات تنتقل عبر الأقمار الصناعية وغير ذلك)، وهو ما يعني نقلها عبر أنواع مختلفة من شبكات الاتصال، من خطوط هاتفية وألياف بصرية وأقمار صناعية وشبكات ربط عبر ألياف وغيرها من الشبكات. أضف إلى ذلك أن المعطيات الرقمية يمكن نقلها ونسخها عددا لامتناهيا من المرات دون أن ينقص ذلك من معلوماتها شيئا خلال عمليات النقل والنسخ المتعددة، وذلك بفضل ما تتميز به عملية إعادة تركيب الرسالة المرقمة من سهولة ويسر. وأخيرا، وفوق هذا وذاك، فإنه من الممكن معالجة المعلومة الرقمية بطريقة آلية، وبسرعة فائقة ودقة تقارب درجة الكمال، وبكميات كبيرة جدا.

غير أن الثورة الرقمية لا يمكن اختزالها رغم ذلك في التقنية وحدها. فلئن كان سداها بلا جدال ما طرأ من اختراعات وإبداعات تقنية، فإن لحمتها بلا شك ما واكب ذلك من تطورات قانونية ومن مبادرات تجارية.

فيما تعلق بالمستوى القانوني، فإن الثورة الرقمية مرتبطة ارتباطا لا انفصام له بعملية تحرير قطاع الاتصالات على المستوى العالمي، وما نتج عن ذلك من انخفاض كبير في أسعار هذه الخدمات، ومن تنافس متزايد وعروض جديدة في هذا المجال. وما التقدم الكبير الذي تتمتع به الولايات المتحدة الأمريكية في مجال الاقتصاد الرقمي، ما هو في جزء منه إلا نتيجة لإقدام سلطات هذا البلد باكرا على فتح قطاع الاتصالات الأمريكي أمام المنافسات، وذلك انطلاقا من بداية عقد الثمانينات، أي قبل الأوروبيين بنحو عشر سنوات كاملة. وأما ما تعلق بالتطورات التجارية، فيكفي في شأنه أن نذكر التلفزة الحبلية المؤدى عنها والهاتف المحمول، اللذين أضحيا جزءا لا يتجزأ من حياتنا اليومية.

أما حصيلة ذلك كله – وهي تصب في صميم الثورة الرقمية – فهي ما يدعى تقارب القطاعات الثلاثة الأساس: المعلوميات والاتصالات والتقنيات السمعية البصرية، وهو تقارب ييسره شيوع نمط IP بين المستعملين جميعا. ويلاحظ هذا التقارب على مستويات ثلاثة مختلفة، هي شبكات الاتصالات والأجهزة الشخصية وما يتصل بذلك من خدمات وصناعات قائمة بذاتها، تجتهد في كل يوم عن سابقه في ابتكار منتجات وخدمات "متعددة الوسائط" جديدة، أي في إرساء أسس اقتصاد رقمي بكل ما في الكلمة من معنى.

ذلك أن أهم وأوضح تجليات الطابع الثوري الذي تكتسيه تقنيات الإعلام والتواصل الحديثة إنما تقع على المستوى الاقتصادي.

يحتمل تعبير "الاقتصاد الجديد" ثلاث دلالات مختلفة. فقد استعمل في بادئ الأمر بمعنى ماكرو–اقتصادي، حيث كان يقصد منه الطابع الاستثنائي الذي ميز الوضع الاقتصادي في الولايات المتحدة الأمريكية منذ مطلع التسعينات، بتضافر نمو قوي ومستديم ونسبة تضخم ضعيفة وانعدام البطالة انعداما شبه تام. بعد ذلك اتسع مجال المفهوم ليشمل دلالة ميكرو–اقتصادية جديدة، تفضي بدورها إلى معنيين مختلفين. فتعبير "الاقتصاد الجديد" يعني لدى بعض الناس القطاع المتكون من

الصناعات الجديدة في مجالي الإعلام والاتصال (من إعلاميات واتصالات عن بعد وتقنيات سمعية بصرية وإنترنت). أما بالنسبة إلى آخرين، فإن هذا التعبير يحيل إلى التغيير الذي طرأ على النظام الاقتصادي بمجمله وعلى أشكال الإنتاج والتبادل، بفعل انتشار تقنيات إعلام واتصال جديدة، وبخاصة تحت تأثير ظاهرة إنترنت.

فرقم معاملات صناعات الإعلام والاتصال يجاوز اليوم ألف مليار من الدولارات سنويا، أي ما يعادل ٥ إلى ٦ بالمائة من الناتج الداخلي العالمي الخام، تتركز في غالبها في الولايات المتحدة وأوروبا واليابان. وهذه الصناعات، بنسبة نموها التي لا تقل عن ١٠ بالمائة سنويا، تعد قاطرة للنمو الاقتصادي العالمي، وقد أسهمت في عام ١٩٩٨ بنحو ثلث ما سجله الاقتصاد الأمريكي من نمو مستمر بلا انقطاع منذ عشر سنوات خلت. أما في فرنسا، فقد أسهمت التقنيات الجديدة بنحو ١٥ بالمائة من نسبة النمو الاقتصادي في العام نفسه، وهو ما فاق ساعتها مساهمة قطاعي السيارات والطاقة مجتمعين.

وبغض النظر عما تمثله صناعات الإعلام والاتصال في حد ذاتها من أهمية وثقل اقتصاديين، فإن تلك الصناعات تستمد طابعها الاستراتيجي من الآثار غير المباشرة التي تحدثها في مجموع النشاط الاقتصادي، وكذا مما تَعدُ به من إمكانات ماكرو-اقتصادية. فقد لزم خمسة عشر عاما كي يتحقق ما أعلن عنه منذ بداية السبعينات - الفترة التي شهدت دخول تقنية المعلوميات إلى مجالات الإنتاج والخدمات - من آثار حميدة في مجالات النمو الشامل والإنتاجية والتشغيل. واليوم، فإن تقنيات الإعلام والاتصال - بعد طول مخاض من نشرٍ للتقنيات ومن تدريبٍ على استعمالها - أصبحت تحتل مكانا متميزا في قلب النمو الاقتصادي، سواء بفضل ما تخلقه من فرص وخدمات أم بآثارها الشاملة في مجالات الإنتاجية والابتكار، بل وفي تخطيط نشاط باقي القطاعات الاقتصادية.

أما إنترنت، أهم محركات الاقتصاد الحديث، فإنه قادر اليوم لا فحسب على "استنساخ" جوانب كاملة من الاقتصاد الحقيقي، بل وأيضا على محو المسافات

الجغرافية والزمنية وجانب مهم من القيود المادية. فهو يتيح للمقاولات، مهما كانت صغيرة، اتصالا مباشرا وآنيا بزبناء من العالم كله، مع خفض في أسعار الخدمات المتعلقة بالوساطة والتسيير التجاريين. وتلك ميزة عادت بالنفع على شبكة الإنترنت نفسها، حيث أضحت اليوم عبارة عن سوق افتراضية ضخمة لا يفتر لهـا نشـاط، تمتد على مساحة العالم بأكمله.

وغني عن القول أن آثار التقنيات الرقمية الحديثة تمتـد أبعـد مـن حـدود الاقتصاد وحده، وإن تكن تلك الآثار أثقل خطى ومن ثمة أعصى على القياس مـن مثيلتها في المجال الاقتصادي. ونذكر من ذلك على سبيل المثـال تنظـيم الشـغل والصناعات الثقافية والبحث وتبادل المعلومات، وكذا إتاحة الاطلاع علـى حسـن سير أنظمتنا الديمقراطية. أما مفاتيح هذا النظام الجديد فهـي تقـوم علـى إلغـاء المركزية والوساطة والتراتبية، وكذا على التواصل والمشاركة والمرونة والشفافية.

ولنلق نظرة سريعة على التطور الذي شهده كل واحد من هذه الميادين.

- حسب الإحصاءات الأمريكية الرسمية، فإن المقاولة الشخصـية ستصـبح أكبر مشغل في الولايات المتحدة في أفق ٢٠٥٠، متقدمـة بـذلك علـى الإدارات. وتلكم لعمري في حد ذاتها ثورة، يمهد لها منـذ اليـوم انـدثار النموذج الهرمي في العلاقات داخل المقاولة، والتجديد المدهش الذي طـرأ على روح المقاولة.
- لم يعد من الممكن تصور البحث العلمي في استقلال عـن إنترنـت التـي غيرت عادات هذا البحث ودعمت طابعه الجماعي والعالمي.
- تعمل التقنية الرقمية اليوم على إدخال تغييرات عميقة على أشكال الإنتـاج والاستهلاك في الصناعات الموسيقية والسينمائية، وقد بدأت تفعل الشـيء نفسه بصناعة الكتاب، وإن يكن ذلك بدرجة أدنى مما في سابقيه.

- تسهل إنترنت ظهور "مجتمع مدني عالمي"، وتدعم النزعة التشاركية وطابع الشفافية في الديمقراطيات المتقدمة، وتمثل أداة انفتاح وتحرر لا يستطيع لها أحد على امتداد العالم كله قمعا ولا لمفعولها ردا.

أما الأثر الذي يمكن أن يحدثه الإعلام والتواصل على المدى البعيد في العلاقات الاجتماعية وفي اكتساب المعلومات وفي السيرورة التعلمية ذاتها، فلا تزال الإحاطة بجميع جوانبه غير ممكنة، لكن لا شك أنه سيكون أثرا بعيدا. وقد ذهب Michel Serres إلى أن التقنيات الحديثة تمثل "الثورة الإنسانية الثالثة"، فقال: "لقد تحررنا من ربقة الإكراه الذي كان يمثله مجهود التخزين في الذاكرة، كما تحررنا من عدد من القيود الإجرائية المنطقية... فهذه العمليات جميعها (من تشغيل ذاكرةٍ ومنطقٍ إجرائي وخيالٍ) تتحول شيئا فشيئا لتؤول مهمة القيام بها إلى الآلات والأدوات التي نستعملها. فما الذي سنربحه من وراء ذلك، وما نوع الإنسان الذي نحن ماضون اليوم في خلقه؟" يجيب الفيلسوف الفرنسي بأن ذلك التحرر يحمل طيّه وعودا باكتشافات جديدة وبقدرة جديدة على الخلق والابتكار...

وختاما، فالجدل لا يزال قائما حول ما إذا كنا بإزاء ثورة تعادل في أهميتها وبُعدِ أثرها اختراعَ الطباعة أم تقدم تقني بسيط لا يختلف في شيء عما سبقه، وحول ما إذا كانت هذه ثورة صناعية ثالثة أم مجرد تسارع في التطورات التي شهدتها السنوات الخمسون المنصرمة. لكن يجدر بنا قبل الانطلاق في محاولة حسم هذا الجدل أن نذكر أننا لا نزال في بدايات العصر الرقمي، وأن الجيل الثاني من إنترنت، جيل "الصبيب العالي" والحركية والقدرة على التواجد في أمكنة عدة في وقت واحد وغير ذلك مما يشغل أهل الصناعة والتقنية، لا يزال قسم كبير منها في رحم المستقبل.

تراتبيات وحيثيات وضعية جديدة

مهما بلغت ثورية العالم الرقمي ومدى إزعاجه الأنساقَ القائمة، فإن بنية هذا العالم تبقى رغم ذلك قائمة على أساس موازين القوى. وبتعبير أكثر دقة، فإن التقنية الرقمية ترسخ التراتبيات القائمة وتقويها، لكنها في الآن نفسه تحمل في ثناياها قدرة كامنة على محو تلك التراتبيات رويدا.

ولعل أبرز مثال يوضح هذه الجدلية هو الذي يحيلنا إلى الاقتصاد الرقمي الذي يتسم بمفارقة، تتمثل في كونه اقتصادا شديد التركيز وشديد الانفتاح على التنافسية في آن معا. فصناعات الإعلام والاتصال تنحو رويدا نحو الانتظام في بنية تركيزية، وذلك بسبب الوجود التاريخي لمراكز احتكار وطنية، مثلما عليه الحال في مجال الاتصال عن بعد، أو بسبب وجود اقتصادات قوية، مثلما هو عليه الحال في مجال المعلوميات والتجهيزات السمعية البصرية، أو بسبب ما تحتله فيها حقوق الملكية الفكرية أو الصناعية من مكانة، وما تكتسيه هذه الحقوق من طابع خصوصي يزيد أو ينقص (من مثل ما يتعلق بالملكيات ورخص استغلال الحقوق وكذا المهارات وما جرى مجرى ذلك). وما الهيمنة المستمرة التي يمارسها نظام مايكروسوفت على السوق العالمية لأنظمة الاستغلال الخاصة ولا هيمنة نظام Intel على سوق أجهزة المعالِجات الصُغرية، إلا دليل على ما يطبع الصناعة الإعلامية من نزوعٍ إلى الانتظام فيما يكاد يكون احتكارا مطلقا على المستوى العالمي.

وبغض النظر عن هذه المعطيات البنيوية، فإن إشكالية تقارب القطاعات التي جرى الحديث عليها سابقا قد نجم عنها إعادة بنينة عميقة على مستوى صناعات الاتصال، وذلك عبر تركيز أفقي وإدماج عمودي وتحالفات بين رؤوس أموال. وأسباب هذه الظاهرة متعددة، من عولمةٍ للطلب تقتضي التوفر على حجم ضخم معين وتنظيم عولمة موازية على مستوى العرض، تدعم بدورها عولمة

الطلب وتقويها، ومن استثماراتٍ ضخمة تتطلبها عملية الإعداد الرقمي وعمليات تأهيل البنيات الاتصالية التحتية من أجل جعلها قادرة على نقل خدمات متعددة الوسائط، ومن استراتيجياتٍ للإدماج العمودي أو التركيز الأفقي على مستوى سلسلة التقارب كلها أو على جزء منها، باسم تعاون حقيقي أو وهمي، ومن شك في نوع التقنيات والتطبيقات التجارية القمينة بأن تفرض نفسها على السوق مستقبلا، ومن ضرورة، بالنسبة إلى الفاعلين القدامى، بأن يتداركوا تأخرهم عبر الاستيلاء على أهم المقاولات الصغيرة وأكثرها نشاطا وإبداعا.

لكن الابتكارات التقنية وظاهرة الإنترنت على وجه الخصوص تمثل من جهة أخرى عوامل قوية تفتح المجال أمام المنافسة، بل وربما تطيح بأعتى التراتبيات القائمة وأرسخها قدما. لكن المفارقة ليس إلا مظهرية، فالاقتصاديون يرون أن المعيار النهائي الذي يقاس على ضوئه مستوى المنافسة القائم في سوق معينة ليس هو نسبة تركيز الحصص المتداولة بقدر ما هو مستوى "التنازعية" الذي يميزها، أي مدى ما يسمح لكل "قادم جديد" إلى السوق بأن ينافس الفاعلين الذين سبقوه إليها، بل وأن ينازعهم المكان الذي يحتلونه فيها. والحاصل أن هناك أربعة عوامل قوية تتضافر لتبقي الاقتصاد الرقمي في حال تنازعية دائمة: سرعة التجديد التكنولوجي واتصاله، وقابلية الاستبدال التي تميز الشبكات والحاملات الناتجة عن الترقيم وعن سيادة نمط Internet Protocol، وتحطم الحواجز القانونية التي كانت تحد من حرية المنافسة، وأخيرا عولمة الأسواق والفاعلين.

ويعد تقدم الولايات المتحدة على أوروبا وآسيا في مجال الثورة الرقمية تجليا آخر من تجليات التراتبيات الرقمية الجديدة. فالتفوق الأمريكي يبدو واضحا في كل المجالات، من هيمنة على عالمي الصناعة المعلومياتية (وخصوصا ما تعلق بأنظمة الاستغلال والمعالِجات الصُّغرية) وصناعة الصورة، إلى تحكم في بنيات إنترنت التحتية وفي تنظيمه، إلى نسبة انتشارٍ للحواسيب الشخصية وارتباط بالشبكة تعادل ضعف مثيلتها في أوربا، إلى ما درجت عليه المقاولات الأمريكية منذ عشر سنوات

خلت من استثمارات ضخمة في تقنيات الإعلام الحديثة، إلى غيرها من علامات ذلك التفوق. فالثورة الرقمية وُلدت في الولايات المتحدة الأمريكية، وهي تتواصل اليوم هناك، بتقدم يتراوح بين خمس سنوات وعشر بالنسبة إلى باقي دول العالم المتقدم، وريادة صناعية وتكنولوجية ليس من السهل مطلقا تداركها ولا التغلب عليها.

غير أن الولايات المتحدة أضحت اليوم تنظر بعين الاهتمام صوب أوروبا واليابان المتقدمين عليها في مجال التقنيات النقّالة المنتظر أن تصبح في المستقبل أهم وسائل الولوج إلى الشبكة المعلومياتية العالمية. أضف إلى ذلك ما تتمتع به أوروبا من سبق في مجال التلفزة الرقمية والتفاعلية، والحضور المتزايد الذي يسجله الفاعلون الأوروبيون الكبار على صعيد السباق الرقمي العالمي. فهل ستتمكن هذه المؤهلات وغيرها من الأوراق القليلة التي في يد أوروبا من التغلب رويدا على التفاوت الكبير القائم اليوم ما بين ضفتي المحيط الأطلسي؟ سؤال لا يزال جوابه اليوم في رحم الغيب...

وأخيرا، فإن التراتبيات الرقمية تنجم عن التفاوت الكبير في إمكانية امتلاك أدوات مجتمع الإعلام. ويجري الحديث في هذا الشأن عن "الهوة" الرقمية أو الشق الرقمي داخل المجتمعات المتقدمة قبل غيرها: هوة تفصل بين من يملك حاسوبا ويستطيع الولوج إلى شبكة الإنترنت ومن لا يملك ولا يستطيع، وبين من لديه القدرة على استعمال هذه وذاك ومن لا قدرة لديه، وبين من أصاب من التدريب والتكوين حظا ومن لم يصب، وبين المقاولات التي انطلقت فيها الثورة الرقمية وتلك التي ما زالت لم تلتحق بالركب بعد. وواضح أن الأمر يتعلق هنا بمهمة مصيرية بالنسبة إلى السلطات العمومية، عليها أن تضطلع بها في مجالات التربية والتكوين وتجهيز الدارس والجامعات، وبوجه أعم في مجال تعميم التقنيات الحديثة والثقافة الرقمية في المجتمع وفي الاقتصاد.

أما فيما بين الدول الصناعية وبين العالم الذي يُدعى بالنامي، فإن الهوة الرقمية أعمق والبون أشق. فثمانية وثمانون بالمائة من مستعملي شبكة الإنترنت

يعيشون في الدول الصناعية، في حين لا يعيش منهم في أفريقيا إلا ثلاثة بالمائة فحسب. وإنترنت، الذي يعد رمزا للعولمة، يقف عند حدود عالم التخلف الرقمي الذي يميزه غياب البنيات التحتية اللازمة للتواصل عن بعد غيابا شبه تام – فضلا عن التجهيزات المعلومياتية وعن إمكانات الولوج إلى الشبكة العالمية – وانعدام أي تدريب على استعمال هذه الآليات حتى إن وُجدت، وأخيرا ضياع النخب المحلية في خضم محيط المجتمع الرقمي الدولي الواسع.

رهان ضخم يمتد على مستوى العالم كله، رهان في مستوى المهمات التي تنقسم إلى مهمات سالبة – ونعني تفادي إقصاء قسم واسع من الإنسانية من دائرة الحضارة الرقمية الجديدة – ومهمات موجبة، ونعني ضرورة الإفادة من الفرص الحقيقية التي تتيحها الثورة الرقمية من أجل استثمارها في خدمة التنمية، وذلك في مجالات التربية والصحة العمومية والتجارة الإلكترونية والتواصل العلمي والانفتاح السياسي، بل وحتى في تدراك التأخر التكنولوجي، بفضل الشبكات المتنقلة الأسهل إقامة من نظيرتها الثابتة، والتي يمكنها أن تكون في المستقبل رأس جسر للولوج في الشبكة.

ولنذكر، في ختام هذا التحليل، أن المحيط الرقمي الجديد محيط تراتبي، لكنه يحمل في ثناياه بذور إعادة توزيع للأوراق جديدة.

التحدي المتمثل في الضبط والتحكم

إن مجتمع الإعلام والشبكات الرقمية يحملان في طياتهما تهديدات عديدة ومختلفة لا تني تشغل الأذهان. ولن نتوقف هنا عند الانشغال الأكبر الذي يعرب عنه بعض الناس حول الأخطار التي قد يحملها "مجتمع الإعلام" يهدد بها الوسائل والمكونات الثقافية التقليدية، ويهدد صحة المعلومات المتناقلة، ويهدد الذاكرة التاريخية وغير ذلك. فهذه الأخطار حقيقية لا جدال، لكن ذلك لا يسمح بأن يُنظر

إلى الثورة الرقمية باعتبارها تراجعا لا تقدما حقيقيا، ثم إنها أخطار ليس مَرَدُّ أمرها إلى القانون بقدر ما مرده إلى ما يتمتع به كل مستعمل من نباهة ومن عقل نقدي.

غير أن هناك أخطارا أخرى تتهدد حقوقنا وحرياتنا وأمننا. فالشبكات الرقمية تسهل دون شك بعض الجرائم وتضخم من آثارها، رغم أن تلك الجرائم ليست بالقطع من صميم خاصيات مجتمع الإعلام. ونذكر من بينها الجرائم التجارية والمالية، والإقدام على نشر محتويات غير قانونية أو مؤذية، والاعتداء على خصوصيات الأشخاص وأسرارهم، بحكم أن استغلال المعطيات الشخصية استغلالا تجاريا يعد خاصية جوهرية من خواص الاقتصاد الجديد، وأن تقنيات الإعلام تضع بيد الدول وسائل رهيبة وفعالة لممارسة الرقابة على المستوى العالمي.

لكن لا مراء في أن هناك أخطارا جاء بها المحيط الرقمي لا غيره، منها الجرائم التي تُقترف عبر خيوط الشبكة نفسها - وبخاصة ما تعلق بنشر الفيروسات - ومنها أيضا القرصنة المتمثلة في الإقدام على نشر أعمال تحميها قوانين الملكية الفكرية - من مثل القطع الموسيقية والأفلام والنصوص المكتوبة وغير ذلك - نشرها على نطاق واسع. وتلكم جميعها أخطار يقف النظام القضائي نفسه حيالها عاجزا، مما يعني أن المحيط الرقمي يحمل بالفعل تحديات كبرى للمقولات الأساس في قانون المجتمعات الديمقراطية والاقتصاد الليبرالي.

فالقانون في العادة ينطبق على حقائق ملموسة، من قبيل الأشخاص والممتلكات المنقولة والثابتة، في حين أن العالم الرقمي مملكة كل ما هو لامادي وزائل وافتراضي. والقانون في العادة يصدر عن الدول ويسري على امتداد ترابها، في حين أن العالم الرقمي لا يعترف للحدود، لا بل ولا حتى للمسافات الجغرافية بوجود. والنظام الاقتصادي الرأسمالي يقوم على حق الملكية الذي يقتضي وجود تصورات عن الشخص والهوية والشرعية، في حين أن العالم

الرقمي يقلب هذه التصورات جميعا، إذ يتيح لمن شاء أن ينسخ ما شاء وأن يتملكه، كما يتيح على العكس من ذلك لمن شاء أن يتحكم كما شاء في الإشارات وأن يخلق أشخاصا وعلاقات افتراضية لا وجود لها على أرض الواقع.

تناقضات قائمة بين ما اعتاده الناس حتى اليوم وما جاء به النظام الرقمي، خِيفَ لأول وهلة أن تكون مقدمة لعهد غابٍ رقمي لا خلق يزعه ولا قانون يردعه، يبيح للأشخاص أن يرتكبوا آمنين في الفضاء الرقمي الافتراضي جرائم يعاقب عليها القانون في العالم الحقيقي. غير أن هذه المخاوف التي كانت سائدة في بدايات عصر الإنترنت على الخصوص قد أشرفت اليوم على التبدد، بفعل العلامات الجلية التي تبين أن القانون ماضٍ في بسط نفوذه رويدا على التقنيات الرقمية.

وتذهب نظرية أخرى إلى أن تطور العالم الرقمي سيفرض إعادة نظر جذرية في الأطر التنظيمية، بل وربما حتى في مقولات القانون الذي ينظم حاليا صناعات الاتصال. غير أن هذه النظرية لم تعد بدورها اليوم قائمة، إذ يكاد المختصون يجمعون على أن التقنيات الجديدة لا تضع المفاهيم القانونية الأساس موضع نظر، بل قد يمكن التحكم فيها بواسطة المعايير المعمول بها حاليا، شريطة بذل بعض الجهد في تكييف تلك المعايير وفي دعم الآليات الجزائية القائمة. وعليه فإن الحديث عن "قانون خاص بالعالم الرقمي" أو عن قانون ضبط خاص بإنترنت يبدو غير ذي موضوع، ما دام التحدي الذي يمثله تطور الاقتصاد الرقمي بالنسبة إلى النظام القضائي القائم يتعلق بالأساس بتفعيل قواعد قانونية والتحكم في هذا التفعيل، وفي آخر المطاف بطبيعة الحال ردعِ كل المخالفات التي يجري ضبطها بناء على ذلك.

غير أن تعميم التقنيات الرقمية قد بدأ منذ اليوم يفرض نتيجتين كبريين على الأنساق التي يجري على أساسها رسم المعايير القانونية المعدّة لتنظيم مجتمع الإعلام، هما ضرورة تدويل تلك الأنساق، والحاجة المتزايدة إلى آليات "ضبط ذاتي" تؤطرها السلطات العمومية.

أما عملية التدويل فهي نتيجة مباشرة من نتائج الطابع العالمي الذي يميز الاتصالات المنقولة عبر الشبكات الرقمية. فبحكم أن آليات الاستغلال لا تعترف بالحدود الجغرافية، فإن القوانين الوطنية المحضة تصبح دون مفعول عملي، إذ لا تستطيع توفير أية حماية فعلية ضد الاتصالات والرسائل القادمة من خارج حدود البلاد. ولذلك فإن التعاون الدولي في مسألة تحديد قواعد النظام الرقمي الجديد – ولو على الأقل عبر عملية تكييف، أو عبر اعتماد آليات بسيطة هدفها الحماية والردع، مستنبطة من المعايير القانونية القائمة – قد أصبح اليوم ضرورة لا مناص منها. وبذلك فإن التقنيات الرقمية تسهم في دعم النزعة الرامية إلى تدويل القانون، وهي نزعة بدأت تحدث مفعولها مع بناء الوحدة الأوروبية وانطلاق العولمة الاقتصادية.

وأما اللجوء المتزايد إلى آليات الضبط الذاتي، فلعله أكثر ثورية من التقاليد القانونية الأوربية. فهو يتمثل في تقوية السلطة العمومية والقانون عبر دعمهما بمجهود الفاعلين الخواص وبآليات يقبل كل واحد من تلقاء نفسه أن يخضع لرقابتها وحمايتها في آن معا. فإجراءات الأمر والنهي المعروفة والمتبعة حتى اليوم لن تستطيع أبدا مجاراة السرعة التي تتطور بها التقنيات وما يترتب عليها من آثار اقتصادية واجتماعية، ولا التغلب على الصعوبة التقنية المتمثلة في التحكم في تطبيق تلك التقنيات ومراقبة هذا التطبيق. أمام هذه المشاكل جميعها وأمام ما يطبع المفاوضات الدولية من صعوبة وتعقيد، فإن الضبط الذاتي يتيح إقامة معايير خاصة غير عمومية (من مواثيق شرف وقواعد سلوك وما شابه ذلك) مصوغة على مقاس من أقاموها، وقابلة بالتالي للتطوير، يسهر على أمنها بوجه الخصوص أهل الشأن أنفسهم، أي المستعملون. وتنبني هذه "الخوصصة" الجزئية للقانون على فكرة مفادها أن للمعنيين بالضبط الذاتي من المصلحة في سير النظام سيرا جيدا ما سيكون حافزا لهم في السهر بأنفسهم على فرض احترامه وتطبيقه. إذّاك يكون الخضوع للقاعدة منبنيا على كون المرء قد اختار عن طواعية أن ينتظم في سلكها، لا نابعا من خشيته من العقاب، وهو ما من شأنه أن يخفف من حدة المشاكل

المتعلقة بسريان القانون ومفعوله، لكنه يطابق منطق الفلسفة السياسية الأنجلو-سكسونية أكثر من مطابقته لنظيرتها لدى المجتمعات اللاتينية.

بقطع النظر عن هذه التطورات، فإن السؤال يبقى مطروحا حول ما إذا كان من الممكن حل المشاكل المتعلقة بالضبط في المجال الرقمي دون أن يسفر ذلك بعد زمن عن تغيير بعض من عناصر النظام القانوني القائم. فلا شك أن في التطور الذي جعل من إنترنت ظاهرة سوسيو-ثقافية كبرى، والإمكانات الاقتصادية التي تحبل بها التجارة الإلكترونية، ما سيكون حافزا للدول وللفاعلين الخواص "الشرعيين" على التعاون من أجل التحكم في هذه الظاهرة وتحويلها بالتدريج إلى فضاء متحضر. غير أن صعوبة المشاكل المطروحة وكذا مبلغ ما يجب إدخاله من تغييرات على الأنظمة القانونية لأجل تكييفها مع المحيط الرقمي الجديد، كلها لا تزال دون شك غير مُقدَّرة حق قدرها. فلا أحد يستطيع القول إن استغلال التقنيات الرقمية لن يؤدي - في نهاية مطافٍ لا نزال اليوم في بدايته - إلى إنتاج أشكال جديدة من التنظيم الاقتصادي، تؤدي بدورها إلى اندثار تدريجي لبعض المقولات القانونية التقليدية، كي تفسح المجال لمفاهيم جديدة غير مطروقة. ولا شك أن من مقدمات ذلك ما تشهده الولايات المتحدة اليوم من إعادة بنينة صناعية ومن معارك قانونية حول مستقبل الملكية الفكرية في العهد الرقمي.

من Von Neumann إلى المعالِجات الصُّغرية الفائقة[٢]

بقلم فرانسوا أنسو

François ANCEAU

تاريخ الآلات المعلوماتية

يمثل تاريخ استعمال الآلة في معالجة المعلومات ملحمة طويلة ضاربة جذورها في غابر الزمن بدأت أول فصولها في القديم، ولا تزال أحداثها تتواصل اليوم بسرعة كبيرة. ومن أجل استكشاف الجذور، سنقسم هذا التاريخ إلى ثلاثة عصور كبرى.

عصر ما قبل التاريخ

يمكن أن نقول إن ما يسمى المعلوميات قد جاء نتيجة تضافر ثلاثة عناصر هي:

- علم الخوارزميات. هو علم يهدف إلى وضع وصف دقيق للطرق اللازم اتباعها لحل المسائل الحسابية المعقدة، تعود أصوله إلى العصور القديمة، إذ وضع قواعده العالم الفارسي المسلم محمد بن موسى الخوارزمي منذ القرن التاسع للميلاد، لكن لم تتسنَّ صورنته إلا في أوائل القرن المنصرم، على يد Alan Turing عام ١٩٣٦، وبعده Alonzo Church عام ١٩٤٤.
- مكننة العمليات الحسابية. وقد بدأت هذه المكننة في أوائل القرن السابع عشر، بفضل أشغال Wilhelm Schickard عام ١٦٢٣، تلتها متتاليات Blaise Pascal عام ١٦٤٢، ثم الآلة القادرة على القيام بعمليات الضرب، التي اخترعها Gottfried Wilhelm Leibniz عام ١٦٩٤.

---

(٢) نص المحاضرة رقم ٢٤٨ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٤ سبتمبر ٢٠٠٠.

- البرمجة. وتعود أصولها فيما يبدو إلى العصور الوسطى، مع ظهور أوليات المنبهات الآلية، التي كانت في البدء عبارة عن أسطوانة تنبت منها على طولها أسنان متفاوتة الطول تقرع أجراسا مختلفة فتصدر لحنا موسيقيا قصيرا. ثم تطورت هذه التقنية بعد ذلك لتفي بمتطلبات الآلات ذاتية الحركة ولتحسين التحكم في آلات الغزل الميكانيكية (Basile Bouchon عام ١٧٢٥، ثم Jacques de Vaucanson عام ١٧٤٥، وبعدهما Joseph Marie Jacquard، الذي ابتكر عام ١٨١٠ فكرة استبدال البطاقات المعلومياتية الثقبية – التي اخترعها Falcon – بالأسطوانة القديمة).

أما الجمع بين هذه العناصر الثلاثة، فهو ما اضطلع به Charles Babbage، الذي طرح في عام ١٨٤٠ ما عرف باسم الآلة التحليلية، أول وصف لآلة حاسبة قابلة للبرمجة. وبما أن الكونتيسة Ada de Lovelace هي التي اضطلعت بوضع البرامج الرياضية لهذه الآلة، فإنها بذلك تكون أول مبرمجة في التاريخ.

العصور الوسطى

وُضعت الآلات الحاسبة أول ما وضعت لحساب القوائم العددية العسكرية والمدنية، وكذا لإنجاز بعض العمليات الإحصائية. وكان المطلوب ساعتها تطبيق بعض العمليات الحسابية البسيطة نسبيا مرات متعددة على أعداد كبيرة من الحالات المنفردة. وقد كان من نتائج تزايد الحاجة إلى إنجاز مثل هذه العمليات أن انتقلت تلك الآلات من التقنية الميكانيكية إلى الكهر-ميكانيكية، ثم إلى التقنية الإلكترونية عبر استعمال الأنابيب الإلكترونية. أما أولى الآلات الحاسبة القابلة للبرمجة فكانت آلة ABC التي اخترعها John Vincent Atanasoff عام ١٩٣٩، وحاسبة ENIAC، التي صنعها John Pesper Eckert و John Mauchy عام ١٩٤٧. وقد كان في الجبر المزدوج الذي أرسى دعائمه George Boole منذ عام ١٨٤٧ ما

فتح الباب واسعا أما استعمال هذا الجبر قاعدةً ترقيمية لبرمجة الآلات الحاسبة. ثـم جاء George R. Stibitz ليصنع عام ١٩٣٧ أول جامعة أرقـام تعمـل بالنظـام المزدوج، يليه Konrad Suze عام ١٩٣٨ بأول حاسبة مزدوجة كهرميكانيكية قابلة للبرمجة. وأثناء ذلك، قام Alain Turing عام ١٩٣٦ بصورنة مفهـوم الحسـاب، وذلك حين برهن على أن مثل تلك الآلة يمكنها أن تكون كونية، أي أن تنجز أيمـا عملية حسابية أوكل إليها أمر إنجازها، (شريطة أن تؤتى من الوقـت ومـن قـوة الخازنة ما يكفي لذلك الإنجاز).

ثم حانت نهاية هذا العصر حين طرح John von Neumann فكرة الجمـع بين البرامج والمعطيات في خازنة واحدة، وهي الفكرة التي وجدت تطبيقها العملي علـى يـد Eckert وMauchy بحاسـبة ENIACعـام ١٩٤٩، ثـم Turing (Automatic Computing Engine) عام ١٩٥٠)، الذي أضـاف إلـى البـرامج خاصية القدرة على تطوير نفسها بنفسها.

العصور الحديثة

منذ عام ١٩٥٠، كانت الآلات الحاسبة تتضمن كلها ثلاثـة مـن العناصـر الأساس في جهاز الحاسوب. وقد تكفل ما طرأ على تلك الآلات البدائية من طفرات تقنية مذهلة بإيلاء تلك الآلات ما نعرفه لها اليوم من قوةٍ وصغرِ حجمٍ وقدرةٍ علـى الاشتغال. أما أولى الطفرات، فقد حدثت حوالي عام ١٩٦٠، مـع تطـوير أوائـل الحواسيب ذات الترانزيستورات المصنوعة من معـدن السيليسـيوم، ممـا آتـى الحاسوب إمكانية اشتغال أتاحت استعماله استعمالا فعليا. ثم جاءت الطفرة الثانيـة مع تطوير الحلقات الإلكترونية المدمجة، التي يعود الفضل في طرح أول نمـوذج منها إلى Jack Kilby (Texas Instruments) عام ١٩٥٨، وهـو تطـوير أتـاح انطلاقا من ١٩٦٥ قطعَ خطوةٍ أخرى نحو الرفع من درجة تعقيد الحاسوب ومـن قدرته على الاشتغال.

خلال عقد الستينات، انتقل الحاسوب من حال آلة تقوم بإنجاز عمليات حسابية فحسب إلى حال الآلة القادرة على معالجة المعلومات من أيما طبيعة كانت. ثم رأت تطبيقاتٌ جديدة مثل معالجة النصوص وأسس المعطيات النور، وأخيرا جاءت الطفرة الكبرى الثالثة حين ابتكر Marcian Hoff من دار Intel في عام ١٩٧١ (Intel 4004)، أول معالِج صُغري تجاري متراصّ، أي مصنوع من دارة مدمجة واحدة، وهي التقنية التي تطورت فيما بعد لتفرض هيمنتها انطلاقا من عقد التسعينات من القرن المنصرم.

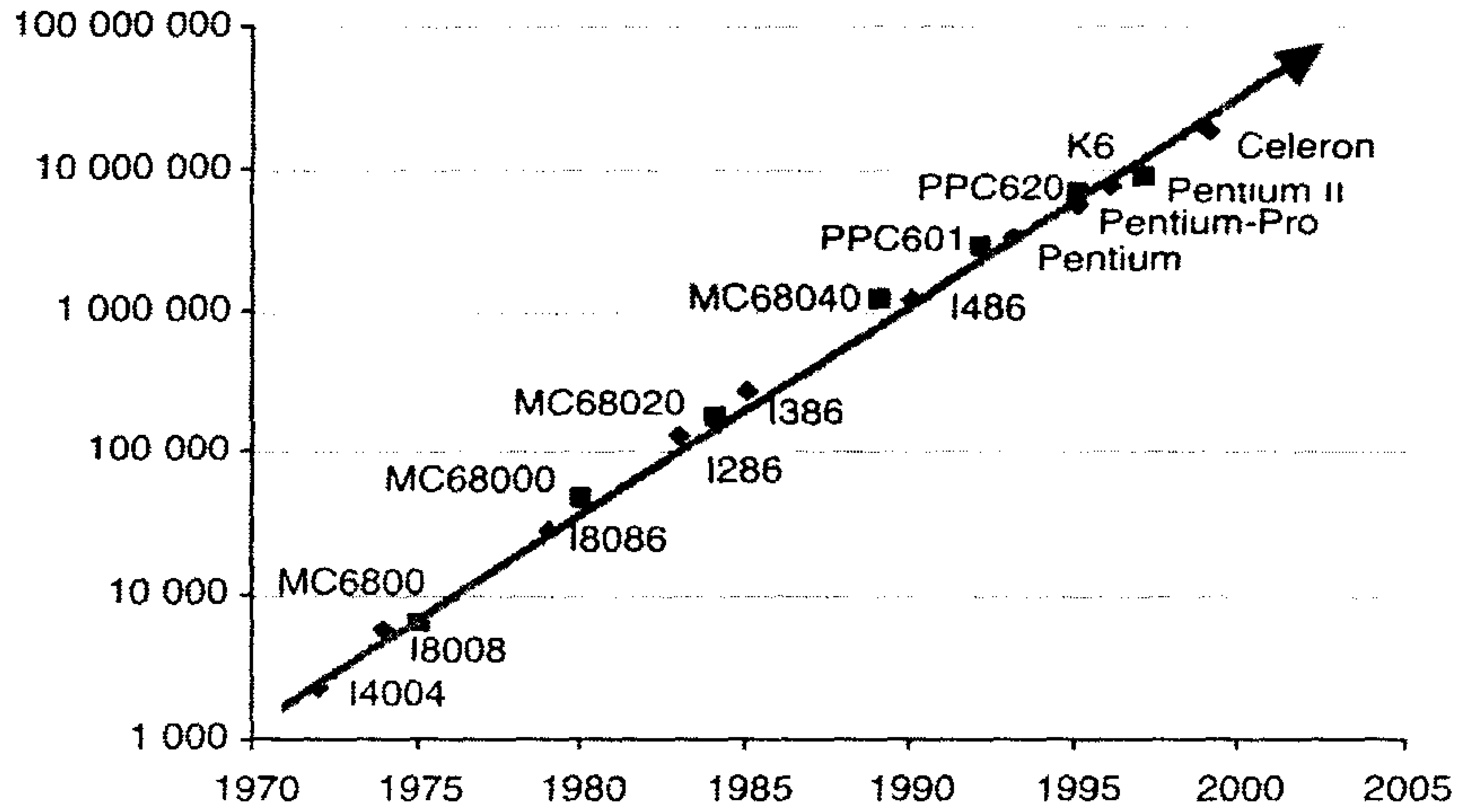
المعالِجات الصُّغرية وتطورها المذهل

ما إن ظهر نموذج Intel 4004 إلى الوجود حتى تلته نماذج أخرى متلاحقة من المعالِجات الصُّغرية، يزيد كل واحد منها عن سابقه قوة وتعقيدا. وقد كان ذلك إيذانا بانطلاق سلسلة من التطورات المتتالية، في وتيرة لم تفتأ إلى يومنا هذا تتسارع. فدرجة التعقيد في هذه الآلات المتراصّة قد ارتفعت مما يعادل ٢٨٠٠ وحدة transistor إلى عشرات الملايين من تلك الوحدات بالنسبة إلى المعالِجات الصُّغرية الحديثة. أما قوتها فانتقلت خلال الفترة ذاتها من ستين ألف عملية في الثانية إلى أكثر من مليار عملية بالنسبة إلى بعض الحواسيب الموجودة اليوم. ولذلك فلن نبالغ إن قلنا إن تاريخ المعالِجات الصُّغرية الممتد على مدى السنوات الثلاثين الماضية يمثل دون منازع أهم التطورات التقنية التي شهدها التاريخ الإنساني على وجه الإطلاق وأقصرها زمنا وأبعدها أثرا (انظر الشكلين ١و٢).

وتحمل وتيرة التطور هاته اسم "قانون مور"، (على اسم مدير شركة Intel الذي صاغه خلال عقد السبعينات)، وقد تحققت تلك الوتيرة بفضل التطور الذي شهدته تقنية صنع الدارات المدمجة، وكذا بفضل تطور هندسة الآلات نفسها. فالمعالِجات الصُّغرية المصنعة حاليا تحمل رسوما لا يتعدى عرض خطوطها ٠,١٨ ميكرومتر، وهو عرض لا يني يتضاءل يوما عن يوم منذ ما يزيد عن ثلاثين سنة، وبوتيرة ما انفكت في تسارع. وإذا ما استمر الحال على ما هو عليه

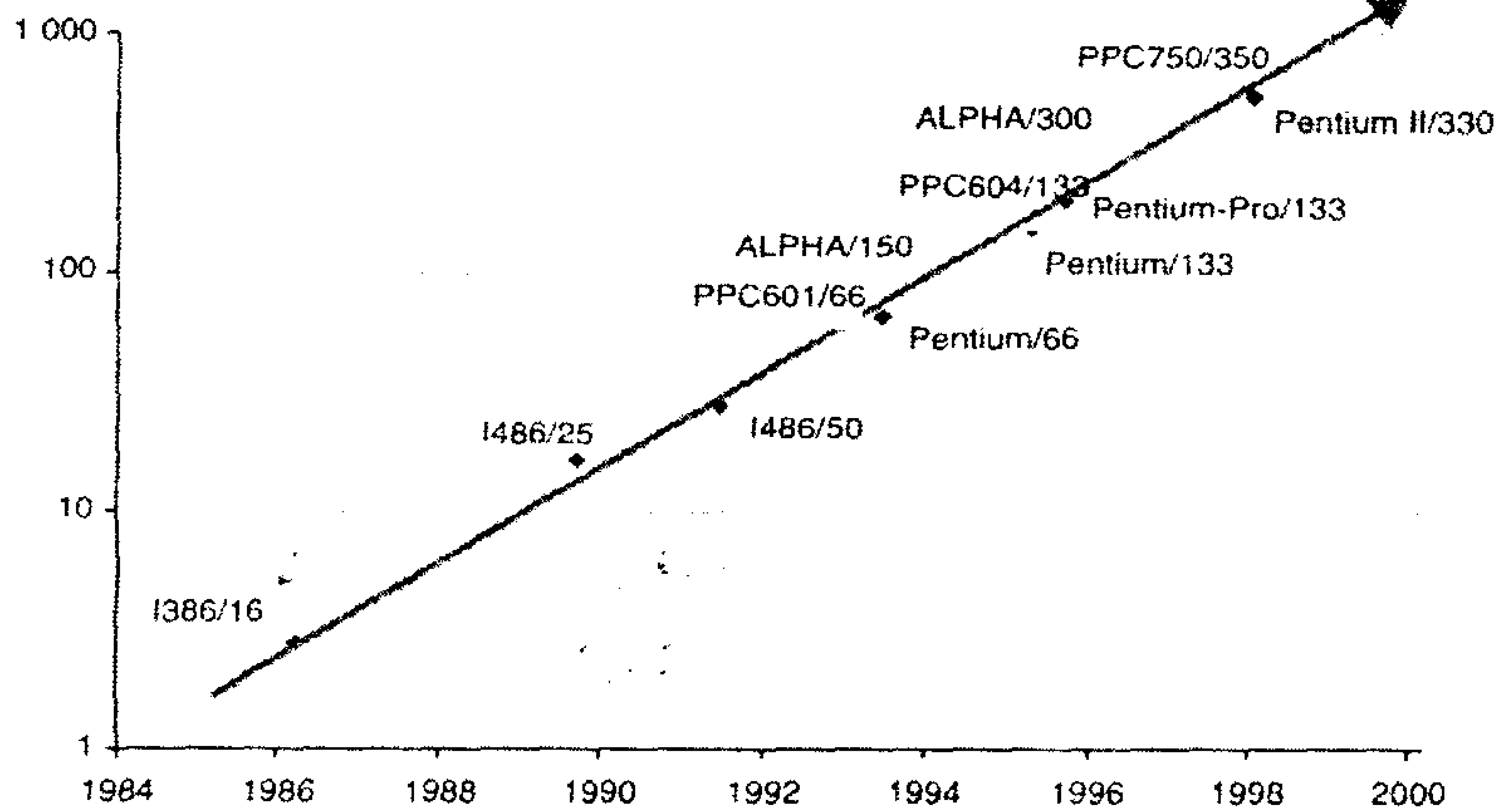
اليوم، فإن عرض تلك الخطوط سيبلغ دون شك قبل نهاية هذا العقد حدا من الدقـة يجعل ظواهر كمية quantique تتدخل لتعوق عمل الترانزيستورات.

عدد الترانزيستورات

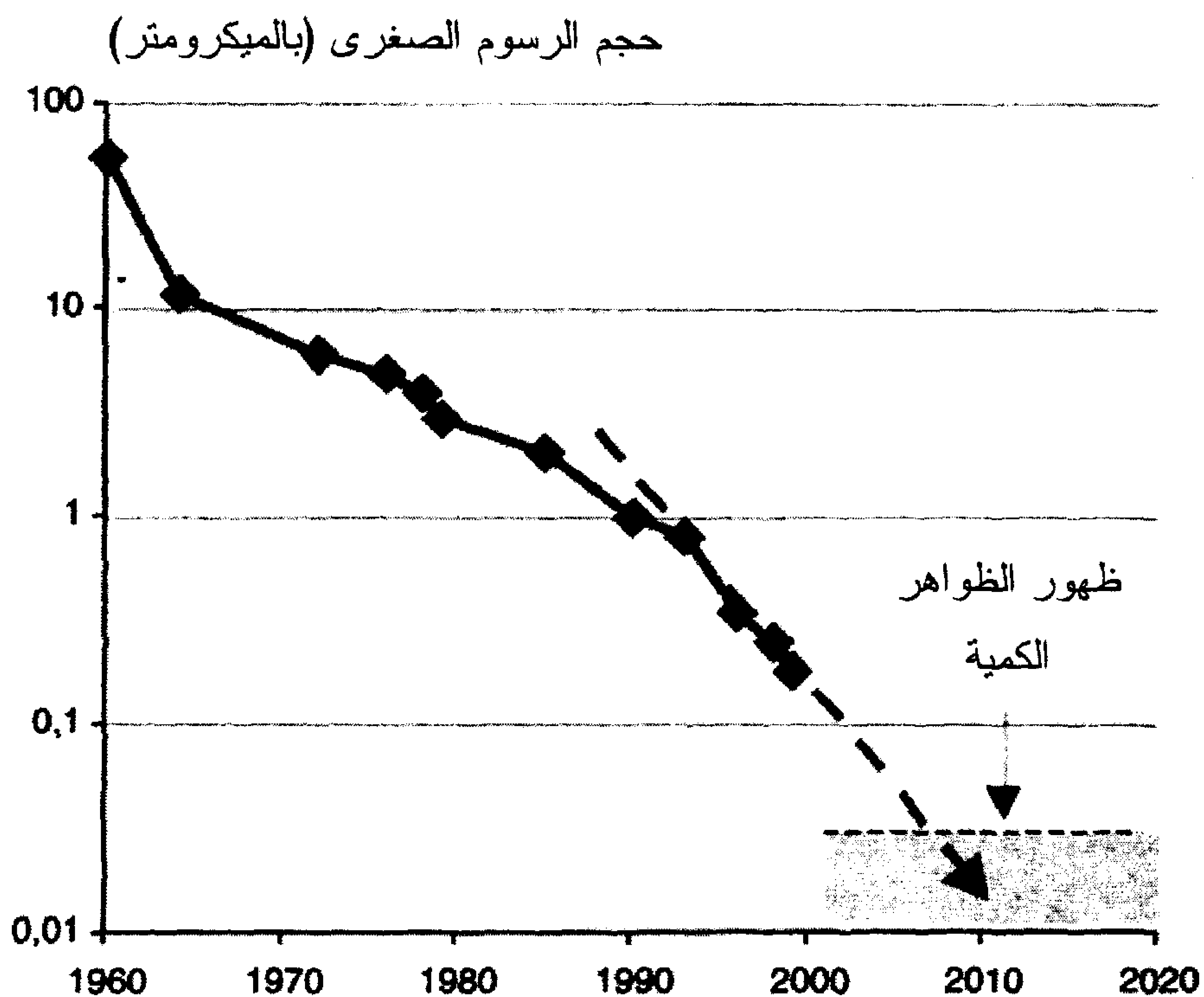


تطور درجة تعقيد المعالجات الصغرية

ملايين التعليمات المنجزة كل ثانية



تطور إنجازات المعالجات الصغرية



تطور تكنولوجيا الدارات المدمجة

أنواع الحواسيب

يمكن تمييز قسمين كبيرين من الحواسيب تبعا لمعرفتنا بوجودها أو جهلنا به.

- فهناك الحواسيب "المرئية"، التي تشمل كل ما اعتدنا على إطلاق هذا الاسم عليه، وبخاصة تلك التي نجدها في صفة آلات ذات استعمال عام، رغم أنها تستعمل في غالب الأحيان استعمالا خاصا. وهي تكون على شكل

حواسيب شخصية أو محطات عمل، وتكون ثابتة أو محمولة، وتكون حواسيب موزِّعة serveur تتولى توفير المعلومات على شبكة معينة، أو حواسيب مراقبة مهمتها قيادة عمليات الإنتاج الصناعي (في نحو معامل التكرير والمصانع ذات الاشتغال الآلي والآلات الضخمة والسفن وما جرى مجرى ذلك)، أو حاسبات عملاقة يوكل إليها القيام بعمليات رقمية بالغة التعقيد، من قبيل التنبؤات الجوية وخلق الوضعيات الافتراضية عبر أنظمة الترميز وما إلى ذلك.

- وهناك الحواسيب "الخفية" التي تعمل بمكونات إلكترونية متقدمة، والتي نجهل في غالب الأحيان حتى وجودها، وهي تستعمل في مجالات مراقبة الناقلات (من سيارات وقطارات وطائرات وصواريخ)، وفي أنظمة الاتصال وتحديد الأمكنة (من مثل الهواتف المحمولة وما جرى مجراها)، وفي الآلات الكهربية المنزلية (من أجهزة صوتية وآلات غسيل وما إليها)، وفي حساب الزمن (من ساعات رقمية ومقسمات عمل وغير ذلك).
- لا يبدو أن الطلب في مجال قدرة الحواسيب "المرئية" يعرف حدودا، ولا أن هناك حدودا يمكن استشفافها في المستقبل المنظور. فما من تطبيق في هذا المجال (من قبيل معالجة النصوص مثلا)، إلا وبإمكانه استعمال قدرات حسابية لا تفتأ تتزايد يوما عن يوم، فيؤتينا بما لم نكن حتى وقت قصير نجرؤ حتى على مجرد الحلم به، من تصحيح إملائي ونحوي مواكب لعملية الكتابة، إلى استخراج المعاني، فإنتاج النصوص بطريقة آلية، فدخول بالمفتاح الصوتي وحده، إلى غير ذلك. ويبدو أنه ليس لخيالنا في هذا المجال حدود.

تعد الحواسيب "الخفية" أوسع أنواع الحواسيب انتشارا وأكبرها عددا. فهي تضفي ذكاء على كثير من الأدوات التي تحيط بنا، وتتيح خلق أدوات أخرى (كالهواتف المحمولة وآلات تحديد المواقع عبر الأقمار الاصطناعية)، ما كان يمكن

تخيل وجودها من دون تلك الحواسيب. وهي تغير من طبيعة كثير من المهن إذ تستحوذ على المعلومات والمهارات التي كانت تتطلبها تلك المهن (فقائد السفينة مثلا لم يعد بحاجة إلى معرفة استعمال آلة ارتفاع الأجرام كي يعرف موقع سفينته). والنتيجة أن هذه الأدوات تصبح شيئا فشيئا ضرورة من ضرورات حياتنا لا غنى لنا عنها.

ولهذه الأدوات جميعها في سير المجتمع وتطوره أثر. فهي تتيح للأفراد الارتباط ببعضهم، وتمكننا من الحصول عبر الشبكات على معلومات ما كان يمكننا الحصول عليها عن سبيل آخر. وأما الخفية منها فإنها تغير رويدا من طبيعة الأدوات والأشياء التي نستعملها في حياتنا اليومية (من سيارة وآلات كهربية وغيرها)، فتيسر لنا استعمالها وتقربه، لكنها في الآن نفسه تبعدنا شيئا فشيئا عن معرفة خبايا طريقة اشتغال تلك الأشياء والأدوات.

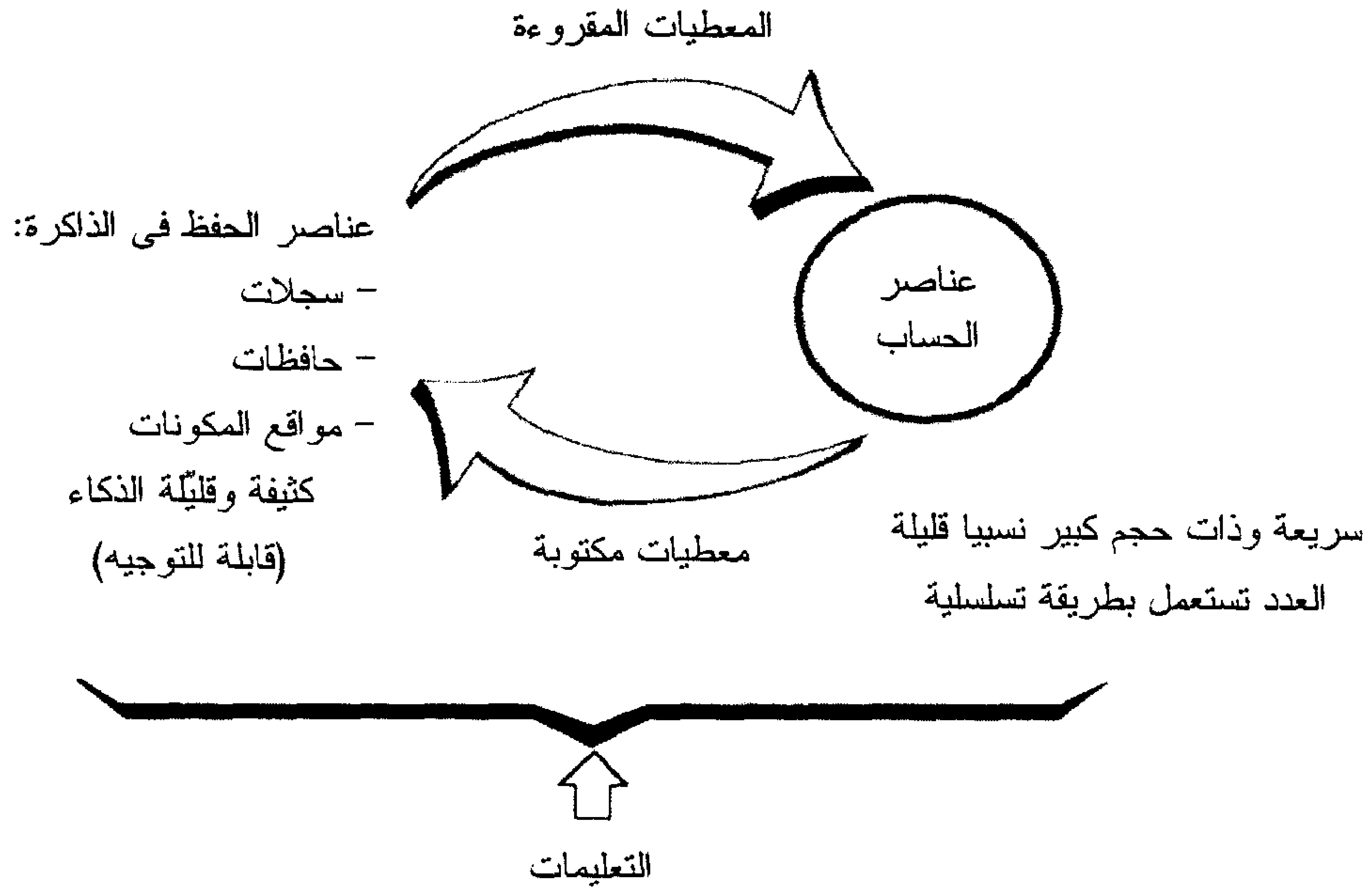
اكتساح أصناف الحواسيب من قبل المعالِجات الصُّغرية

من تجليات التطور الذي تشهده المعالِجات الصُّغرية ما يطرح في الأسواق من آلات لا تفتأ تزيد قوة ومقدرة، يسمونها حواسيب صُغرية، ويتراوح سعرها بين ألف أورو وألفين. وكلما جاوزت قوة هذه الحواسيب الصُّغرية قوة نوع تقليدي من الحواسيب - يكون في العادة أغلى منها سعرا - فإن هذا النوع يختفي من السوق، وتضاف الوظيفة التي كان يقوم بها إلى ما تضطلع به المعالِجات الصُّغرية من وظائف لا تفتأ تزيد في كل يوم عن سابقه عددا. وقد وقع هذا أول ما وقع لفئة الحواسيب التي رأت النور في النصف الثاني من عقد الستينات ليجري استغراقها في بداية الثمانينات. وتلتها في ذلك حواسيب مراكز الحساب التي ولدت مع المعلوميات لتستغرقها المعالِجات الصُّغرية في منتصف التسعينات. ولا تزال العملية إلى اليوم مستمرة، إذ يتوقع أن تبلغ القدرة الحسابية لدى الحواسيب الصُّغرية قبل نهاية هذا العقد حدا يجعلها مساوية لقدرات الحواسيب الفائقة (les super-ordinateurs)، مما سيؤدي إلى استغراق هذا النوع من الحواسيب أيضا واختفائه.

ولا بد من الإشارة هنا إلى أن صانعي الحواسيب الصُّغريةلا يقصدون عمدا إحداث ظاهرة الاكتساح هذه. فما يهمهم هو سوق التطبيقات الشخصية، وبخاصة سوق الألعاب الإلكترونية. غير أن تحسين أداء هذه الأجهزة يستدعي القدرة على خلق وضعيات افتراضية شديدة التعقيد وآنية الاستجابة، يصاحبها بث مناظر متحركة داخل فضاء ثلاثي الأبعاد، وهي كلها خصائص قريبة جدا من تلك المطلوبة في الحواسيب من المجموعة الفائقة.

بنية الحاسوب الصُّغري

تضع تقنية الإلكترونيات الصُّغريةبين أيدينا آليات لمعالجة المعلومة فائقة السرعة (انتقال في أقل من جزء واحد من المليار من الثانية)، لكنها في الآن ذاته أعقد بكثير من الآليات التي يتطلبها تخزين تلك المعلومة (بنسبة تعادل ٥٠ إلى ٥). فكان طبيعيا أن تدعو الحاجة وحدة معالجة على شكل بنية مغلقة تؤخذ المعلومات فيها من أجزاء التخزين في الذاكرة ليُمد بها الجزء المنوط به المعالجة، والذي يعرف باسم العامل (opérateur). بعد ذلك يجري إعادة كتابة نتائج تلك المعالجة (وهي نتائج بالغة البساطة) على أجزاء التخزين. ويمكّن هذا التنظيم المغلق من تخفيض الحاجة إلى التجهيزات، وذلك بفضل ما يتيحه من إعادة استعمال للعوامل عبر نظام التشغيل التوزيعي. وبذلك فإن التجهيزات نفسها يعاد استعمالها مرات متكررة للقيام بالعمليات كلها. والنتيجة أن عدد الدورات اللازم إنجازها للقيام بمعالجة "مرئية" يصبح كبيرا جدا، مما يحول سرعة الآلة إلى قدرة على المعالجة (شكل ٤)



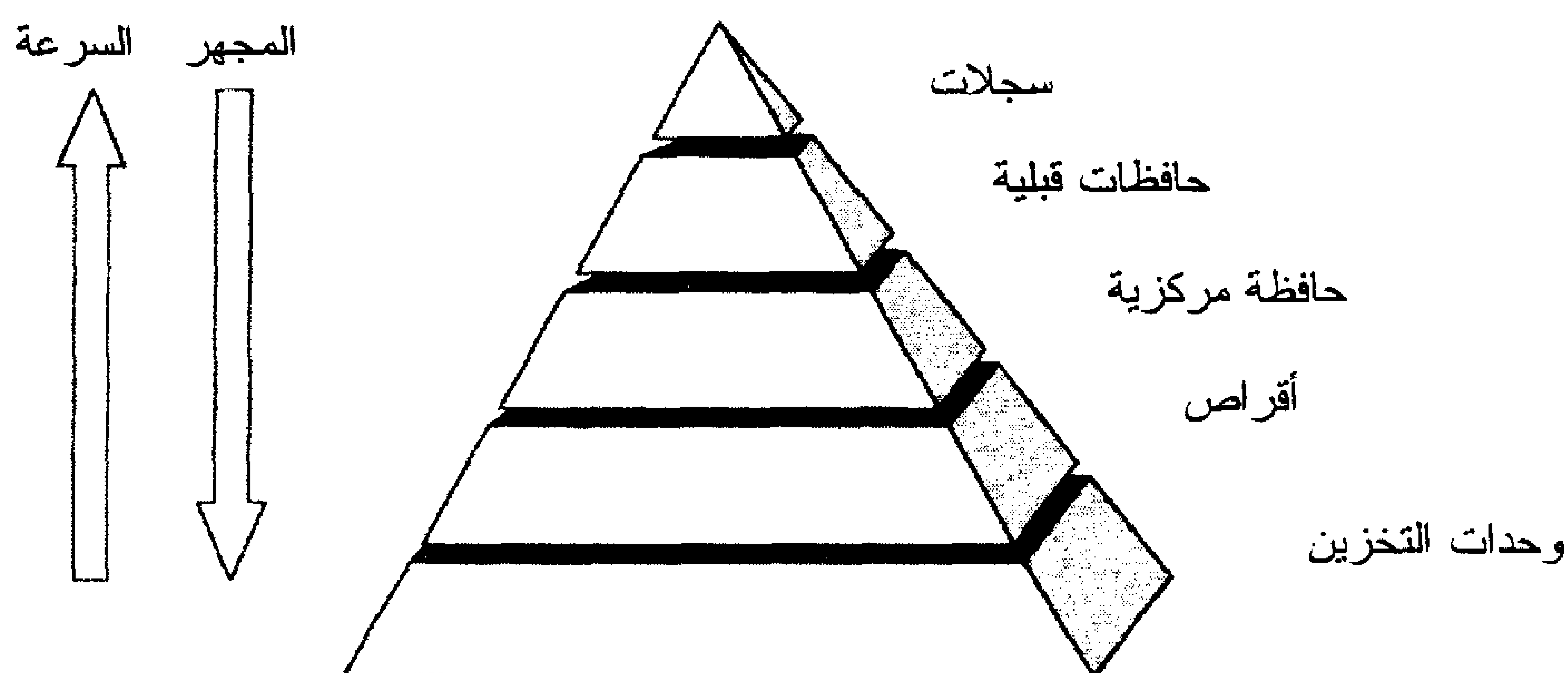
شكل (٤) الدورة الأساس للتنفيذ

يجري وصف نوعية العملية المطلوبة، وكذا وصف موقع معطيات العملية (من ضارب ومضروب أو قاسم ومقسوم) ونتيجتها، بواسطة سلسلة من البِتّات (bits) تسمى سلسلة التعليمات. ويسمى مجموع التعليمات اللازمة للقيام بعملية معالجة واحدة برنامجا. وقد أصبحت هذه كلها، منذ زمن von Neumann، تحفظ جميعها في الأجزاء المنوط بها التخزين.

تراتبية التخزين

إن الخاصيات التي تتميز بها التقنيات المستعملة في صنع أجهزة التخزين تجعل حجم هذه الأجهزة وسرعتها يتطوران في اتجاهين متعاكسين. فكلما زاد مكون من مكونات التخزين سرعةً زاد حجمه صغرا. وعلى سبيل المثال، فإن السجلات المستعملة في الدارة الإلكترونية لا تتيح تخزين أكثر من بضع عشرات

أو بضع مئات من الأثمونات، لكن من الممكن ولوجها بالسرعة ذاتها التي تجـري بها دورة بسيطة في دارة معالجة. وعلى العكس من ذلك، فإن بإمكان الأسطوانات المغناطيسية تخزين عشرات المليارات من الأثمونات، غير أن طريقـة اشـتغالها التقسيمية تجعل زمن الولوج إليها لا يقل أبدا عن عشرة أجزاء مـن الألـف مـن الثانية (شكل ٥).



شكل (٥) تراتبية أعضاء التخزين

وبما أن المطلوب هو توفر أجهزة ذات قدرة تخزين كبيرة وسرعة فائقة في آن معا، فإنه يجري اللجوء إلى اصطناع تلك الوضعية المثالية اصـطناعا، عـن طريق نظام تراتبية الأجهزة، حيث تستعمل ذاكرة سريعة ذات حجم صغير لتخزين معلومات مفيدة في لحظة معينة، مستخرجة من ذاكرة أكبر قدرة علـى التخـزين لكنها أقل سرعة. وتعتمد هذه التقنية علـى خاصـية الموضـعَة (propriété de localité) التي تتميز بها المعلومة، والتي تجعل احتمال إعادة استعمال المعلومـة ذاتها يفوق بكثير احتمال الحاجة إلى استخراج غيرها. وتتطلب إقامة نظام لتراتبية الأجهزة استعمال آليات معقدة تتيح نقل المعلومة المفيدة من الـذاكرة ذات القـدرة

الأكبر إلى الذاكرة ذات السرعة الأكبر، وكذا إعادة تدوين المعلومة التي جرى تعديلها، إعادة تدوينها في الذاكرة ذات القدرة الأكبر.

أنواع المعالِجات الصُّغرية

يمكن تصنيف المعالِجات الصُّغرية إلى أسرتين كبريين حسب درجة التعقيد التي تتسم بها عملية تزويد كل منها بالتعليمات.

- أما أولاهما، فهي الآلات المعروفة باسم CISC، اختصارا لتعبير Complex Instruction Set Computers، أي الحواسيب التي يطبع التعقيد عملية تزويدها بالتعليمات. وهذه الآلات نتاج مباشر لتاريخ الحواسيب الطويل. وتتيح تعليمات هذا النوع من الحواسيب إنجاز عمليات معقدة، من قبيل البحث عن حرف في لائحة. غير أن هذه التعليمات تستمد في الغالب معطيات عملياتها من الذاكرة المركزية، مما يلزمها بتحديد طريقة الدخول إلى تلك الذاكرة. وقد ظلت هذه الطريقة في التزويد بالتعليمات هي السائدة في كل المعالِجات الصُّغرية التي رأت النور قبل بداية عقد الثمانينات، ونذكر من بينها على سبيل المثال مجموعات آلات IBM ٣٦٠ و٣٧٠ و٣٩٠، ومجموعة Motorola 680x٠، وكذا مجموعة Intel x ٨٦.

- وأما ثانيتها، فهي الآلات المعروفة باسم RISC، اختصارا لتعبير Reduced Instructions Set Computers، أي الحواسيب التي تتسم عملية تزويدها بالتعليمات بقدر من البساطة. ويعود الفضل في ظهور هذا النوع من الآلات إلى أشغال John Cocke من شركة IBM، الذي لاحظ منذ ١٩٧٥ أن بعض التعليمات التي تُزوَّد بها حواسيب CISC لا تُستَغل إلا قليلا، وبقدر لا يبرر توظيف التجهيزات التي يستدعيها استخراجها

واستعمالها. يومها ولدت فكرة صنع آلات مبسطة. فالتعليمات التي تزود بها الحواسيب من نوع RISC بسيطة وسريعة في آن، وأغلبها لا يدخل إلا إلى السجلات (وهي أكبر عددا). وبذلك فإن عمليات الدخول إلى الذاكرة تعالج وكأنها عمليات دخول إلى المكونات الخارجية فحسب. وتتيح هذه المقاربة استعمال التجهيزات استعمالا أمثل، لكن ينجم عنها في مقابل ذلك إطالة في البرامج لا يستهان بها. وقد كانت كل الآلات التي رأت النور خلال عقد الثمانينات من هذا النوع، ونذكر منها على سبيل المثال مجموعة PowerPC من صنع IBM/Motorola، ومجموعة SPRAC من صنع Sun، وكذا ALPHA من صنع Digital Equipement/Compaq.

بالإضافة إلى هذا التصنيف، يجدر كذلك التمييز بين طبقتين كبريين من حواسيب CISC التي جرى تطويرها بهدف نقل وظائف منطقية إلى التجهيزات لتحسين أدائها.

- فهناك الآلات-الأنساق، التي تمتلك تعليمات يمكنها بواسطتها أن تنجز أنساقا رمزية معلومياتية متطورة. وقد شهد هذا النوع من الآلات أيام مجده خلال نهاية عقد الستينات وبداية السبعينات، ثم انقضى شأنها فلم يعد من يومذاك يجري اللجوء إليها إلا بصفة دورية لإنجاز بعض التطبيقات المعينة. ونذكر من بين الأمثلة في ذلك الجهاز المعروف باسم la Pascaline التي صنعتها Western Digital حوالي عام ١٩٨٠ من أجل إنجاز النسق الرمزي المعروف باسم Pascal، وكذا مجموعة آلات Sun من صنع Pico-Java وآلات MAJC ٥٢٠٠ المكيفة من أجل إنجاز برامج نسق Java.
- وهناك الآلات-الأنظمة، التي تمتلك تعليمات يمكنها بواسطتها إنجاز وظائف أساس من تلك التي يضطلع بها نظام الاستغلال في العادة.

وينحدر هذا النوع من الآلات مباشرة من مشروع Multics الذي جرى تطويره في معهد ماساشوستس للتكنولوجيا (MIT) في نهاية عقد الستينات. وقد جرى تطوير آلات عدة من هذا النوع في بداية السبعينات، ولا يزال بعضها يعمل إلى اليوم، كما هو حال مجموعة BULL ٧٠٠٠ DPS. وقد شهد هذا النوع انبعاثا على يد Intel التي صنعت في ١٩٨٢ آلتها الشهيرة المعروفة تحت رقم ٨٠٢٨٦، والتي لا تزال حفيداتها، من قبيل ٨٠٣٨٦ وi٤٨٦ وPentium تُشَغِّل إلى اليوم الحواسيب الشخصية.

إرث الحواسيب

دَرَجت المعالِجات الصُّغرية طيلة تاريخها على إعادة استعمال كل الإنجازات التقنية التي جرى تطويرها عبر الزمن من أجل الرفع من قدرة الأنواع السابقة من الحواسيب. فما من ثمرة من أنتجها ذلك التطور إلا ولها مكان في أحدث المعالِجات الصُّغرية التي نجدها في أسواقنا اليوم، والتي تعد بحق أحفادا لما سبقها من حواسيب ونتاجا من نتاج تطورها. ولا بد لأجل الحفاظ على وتيرة التطور هذه من العمل على اكتشاف تقنيات جديدة تزيد هذه الآلات إلى كفاءتها كفاءةً وحُسنَ أداء. وما ينتج اليوم من هذه التقنيات الجديدة خاص بالمعالِجات الصُّغرية، إذ لم يسبق أن استعملها أي حاسوب من الأنواع السابقة.

لقد أصبحت المعالِجات الصُّغرية أهم مكونات الحاسوب. أما صناعة دارات متراصة – عبر تجميع عدد من المعالِجات الصُّغرية ذات معدلات الإدماج الضعيفة مثلا – فأمر أضحى اليوم متجاوزا، علاوة على كونه أبعد ما يكون عن الجدوى الاقتصادية. فالحواسيب كلها تعتمد اليوم على استعمال المعالِجات الصُّغرية (من ذلك مثلا أن الحاسوب الفائق المعروف باسم CRAY T3E، يستعمل دارات مصغرة من نوع ALPHA).

المعالِجات الصُّغرية بما هي دارات مدمجة معقدة

إن المعالِجات الصُّغرية عبارة عن دارات مدمجة معقدة. وفي داخل هذه المكونات، فإن الدارة نفسها تحدد عالما داخليا أصغر من العالم الخارجي وأسرع منه بكثير. وتعمل الوظائف الداخلية في هذه الدارات المدمجة بشكل أسرع بكثير من مثيلتها ذات معدلات الإدماج الضعيفة (من قبيل تلك الموجودة على البطائق الإلكترونية مثلا). وتلك هي الخاصية التي يعزى إليها ما تتميز به الدارات المدمجة من سرعة قصوى. ولا يفتأ هذا الفارق يتسع كلما زاد حجم النماذج التقنية صغرا.

بالنسبة إلى إشارة إلكترونية معينة، فإن سعر الانتقال من العالم الداخلي في الدارة المغلقة إلى العالم الخارجي يعد جد مرتفع، إذ لا بد لأجل ذلك من وجود مكبرات متعددة الطبقات ومكيف هندسي هو العلبة نفسها. فالفارق الهندسي والكهربائي بين هذين العالمين هو من الاتساع بحيث يمكن مقارنته بقيادة مكونات كهرمغناطيسية بواسطة بطاقة إلكترونية. والفارق في السرعة وفي سعر الواجهة المشتركة بين داخل الدارة وخارجها هو من الأهمية حيث يحمل صانعي الدارات المدمجة على الاجتهاد في إدماج أكبر عدد ممكن من الوحدات الوظيفية في دارة واحدة، عوض اعتماد الهندسة القائمة على العلب المتعددة، التي تتعدد بتعددها الواجهات المشتركة ذات السعر المكلف. ذاك هو المحرك الرئيس وراء تطور مستوى الإدماج، وبالتالي زيادة درجة التعقيد في الدارات.

هناك عنصر آخر ذو أهمية، هو مسألة المسافة على طول الدارة المدمجة. فالدارة المركبة هي على دقتها - إن نحن راعينا الفرق بين الأبعاد - عالم واسع مترامي الأطراف، يمكن تشبيهه ببلد على شكل مربع طول كل ضلع من أضلاعه ألف كيلومتر، تخترقه شبكة من الطرقات عرض كل طريق منها عشرة أمتار. ولا شك أن تنظيم مساحة مثل هذه المساحة يستدعي أول ما يستدعي أن تتراكب الوحدات التي تكونه وتتواصل فيما بينها كأمثل ما يمكن التراكب والتواصل. فسعر

نقل المعلومة من طرف في الدارة إلى طرف سعر جد مرتفع، ولـــذا لـــزم النظـــر بإمعان في العلاقات الرابطة بين الوحدات المتعددة، قصد زيادة مقـــدار المبـــادلات المحلية والحد ما أمكن من الاتصالات على مسافات طويلة.

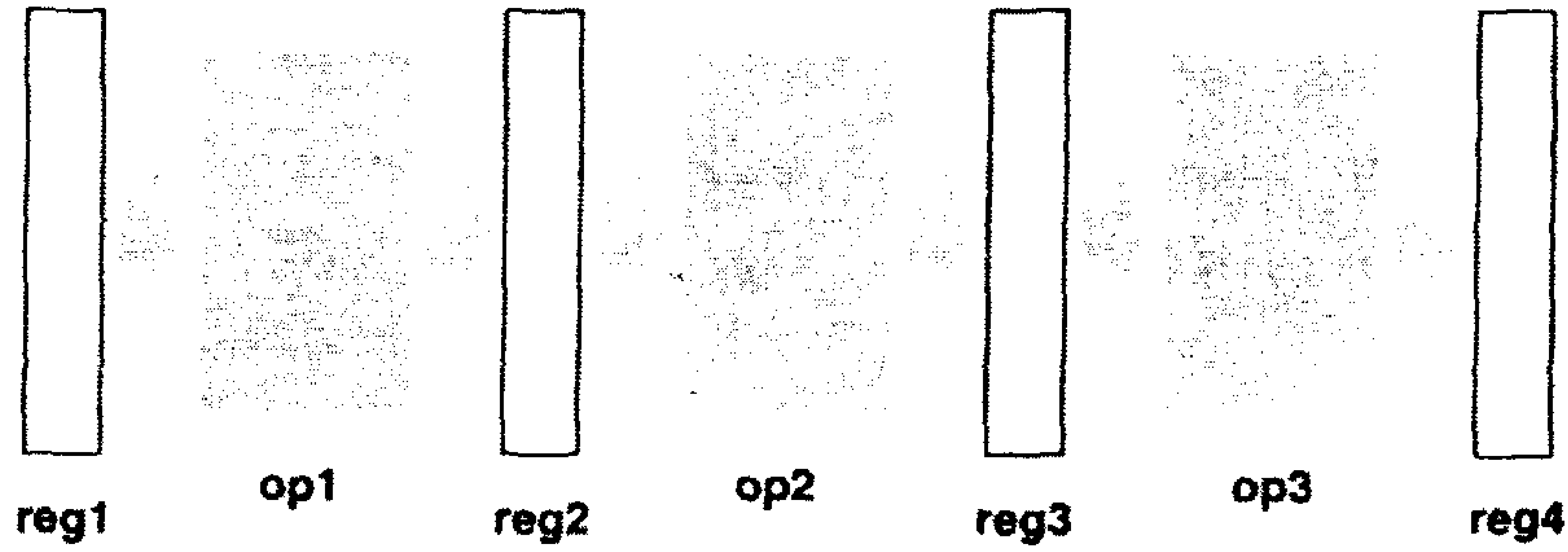
تقنيات تسريع الإنجاز

إن تاريخ المعالِجات الصُّغرية أشبه ما يكون بسباق محموم هدفه تحقيق أكبر سرعة ممكنة. فالضغط الاقتصادي الذي يدفع إلى الرفع من قـــدرتها بـــلا توقـــف يفرض على الصانعين أن يجدوا مقاربات جديدة تمكنهم مـــن تصـــور آلات أكثـــر فأكثر سرعة. ولقد رأينا كيف أن السر في هذا التسارع يعود في جانب منـــه إلـــى تضاؤل أحجام النماذج التكنولوجية تضاؤلا يتيح الرفع من تواتر الـــدورات علـــى طول الدارة، أي من سرعة إنجازها للعمليات، وفي جانب آخر إلى لجوء الصانعين إلى اعتماد نماذج هندسية تقوم على البناء التراكبي في إنجاز التعليمـــات. ومعنـــى ذلك أن إنجاز تعليمة معينة في هذا النوع الجديد من الآلات يبـــدأ قبـــل أن ينتهـــي إنجاز التعليمات التي سبقتها. والثمن اللازم دفعه لاستعمال هذه الهندسات هو الرفع من درجة تعقيد الآلة إلى حد قد يبلغ أحيانا مضاعفة حجم الدارة مرات متعددة.

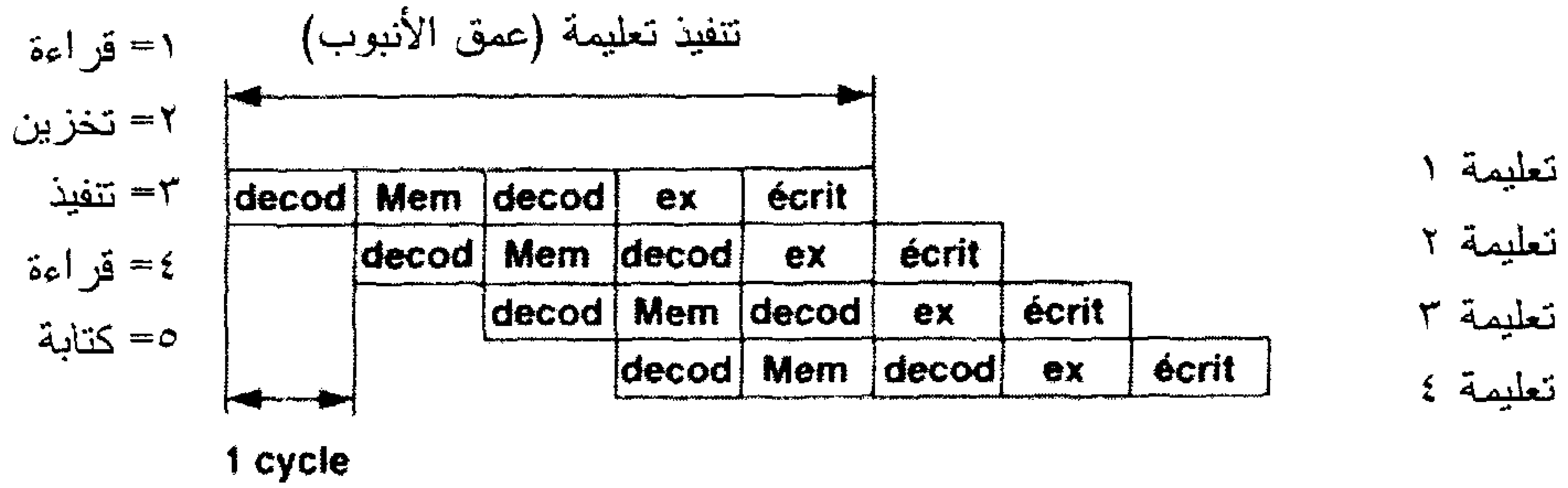
الإنجاز على طريقة الأنبوب Exécution PIPELINE

تتلخص فكرة هذا النوع من تقنية الإنجاز في تقطيع معالجة التعليمة إلى عدد كبير من المهمات الثانوية يقوم بإنجازها عدد مماثل من الوحدات المادية التي تعمل في تتابع تماما كما تتتابع الوحدات على العمل في سلسلة صـــناعية، وتتلقـــى كـــل وحدة من هذه الوحدات معطياتها (ويتعلق الأمر بتعليمة في طور الإنجـــاز) مـــن الوحدات التي تسبقها في السلسلة.

وبفضل هذه التقنية الجديدة، فإن سلسلة الإنجاز تستقبل معلومة جديدة مع كل دورة من دورات الدارة، مما يرفع بقدر كبير من قدرة الآلة (شكل ٦ و٧).



شكل (٦) مبدأ الإنجاز بطريقة الأنبوب



شكل (٧) تطور التعليمات خلال إنجاز علي بطريقة الأنبوب

أما المشكل الذي تطرحه طريقة الأنبوب هذه، فهو مشكل التواكل dépendance، ونعني بذلك أن من شأن التوازي الذي يجري به إنجاز التعليمات أن يؤدي في بعض الأحيان إلى وضعيات تكون فيها بعض المعلومات الضرورية لإنجاز معلومة معينة لم تهيأ بعد من قِبل الوحدات السابقة (أي أنها تكون حينذاك لا تزال تتدرج داخل سلسلة الإنجاز). وقد بينت الدراسات الإحصائية أن احتمال ورود وضعية كهذه الوضعية احتمال مرتفع.

هناك تقنيات عديدة يجري اللجوء إليها لمحاولة تفادي مشكلة التواكل هـذه. ويتمثل بعضها في خلق قنوات اتصال مباشرة من أجل تقصير الطريق بين لحظة توصل عامل معين إلى نتيجة معينة ولحظة استعمال عامل آخر لتلك النتيجة بصفتها معطى من معطيات العملية المطلوب منه بدوره إنجازها. وتعتمد تقنيات أخرى أكثر تطورا على إنشاء فرضيات (تنبؤات) حول قيمة المعلومة الغائبة، واستكمال الإنجاز على أمل أن تكون تلك المعلومة كما افتُرض فيها أن تكون. وغني عن القول أنه متى لم يكن الأمر كذلك تعين الرجوع إلى الوراء، وهو ما يقع على وجه الخصوص حين تكون المعلومة المعنية ضرورية لتسلسل التعليمات ذاته. فحين يتبين خطأ الفرضية المتعلقة بمحتوى المعلومة، فإنه يتعين إلغاء كل العمليات التي مكنت تلك المعلومة من تحميلها على سلسلة الإنجاز. ومعنى ذلك أن الإنجاز يكون أجود كلما كان احتمال صواب الفرضية راجحا على احتمال خطئها. وقد جرى مؤخرا التوصل إلى صنع أجهزة تنبؤ ذات كفاءة عالية (باحتمال صواب يبلغ ٩٥%)، جرى تجهيز أحدث أنواع المعالِجات الصُّغرية بها.

الأنبوب الفائق Super-Pipeline والحسابي الفائق Super-Scalaire

تدفع كفاءة التقنيات التي يجري استعمالها من أجل الحد من مساوئ التواكل، تدفع بصانعي المعالِجات الصُّغرية إلى العمل على إطالة سلاسل الإنجاز في الأنابيب ما أمكن ذلك، بهدف التقليل من كمية العمل المطلوب إنجازه من كل طبقة من الطبقات المتراكبة. وتتيح هذه التقنية الهندسية الجديدة المعروفة باسم الأنبوب الفائق زيادة صبيب التعليمات الداخلة إلى سلسلة الإنجاز. فالدارة تستطيع بذلك تشغيل عدد أكبر من التعليمات في الثانية، مما يزيدها كفاءةً وقدرة على الإنجاز.. وعلى سبيل المثال، فإن الدارة المعروفة باسم MIPS R٤٠٠٠ تستعمل سلسلة إنجاز من ثمان طبقات (شكل ٨).

٨ مراحل

LI1 LI2 DI EX LD1 LD2 T RR

LI1 LI2 DI EX LD1 LD2 T RR

LI1 LI2 DI EX LD1 LD2 T RR

التنفيذ بطريقة الأنبوب

طريقان في التنفيذ متماثلان

LI	SP	DI	LO	EX1	EX2	RR	
LI	SP	DI	LO	EX1	EX2	RR	
	LI	SP	DI	LO	EX1	EX2	RR
	LI	SP	DI	LO	EX1	EX2	RR

التنفيذ بطريقة الحسابي الفائق

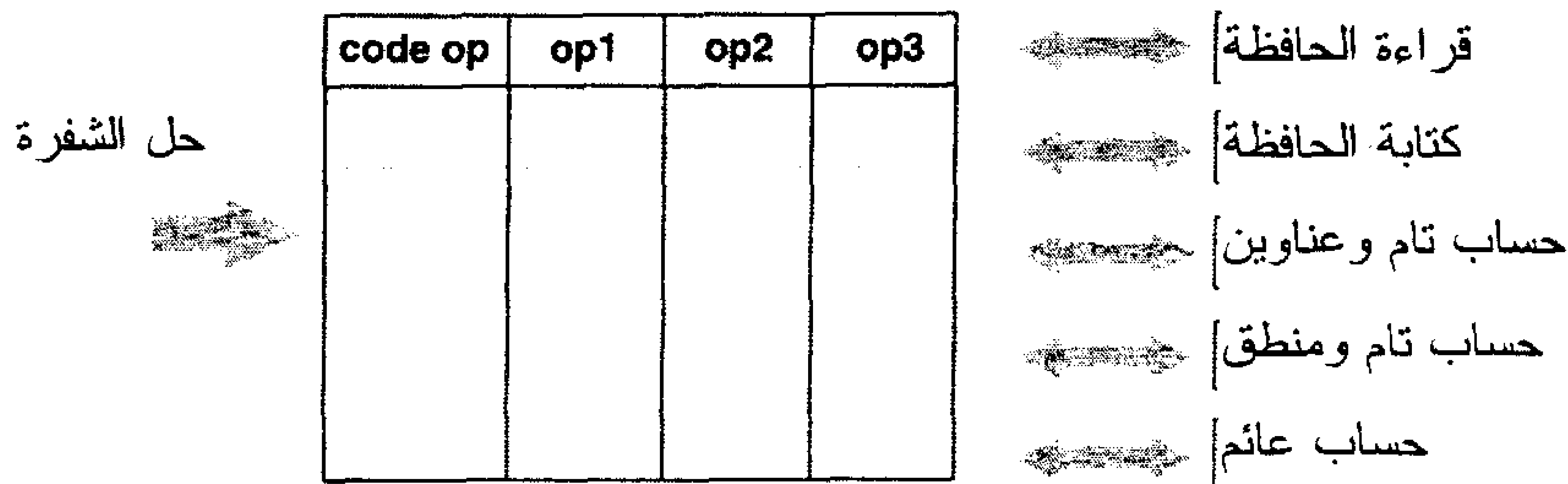
هناك تقنية تسارع أخرى تعرف باسم الحسابي الفائق، وهي تتمثل في ترتيب عدد كبير من سلاسل الإنجاز من نوع الأنابيب الفائقة، ترتيبها بطريقة التوازي، بما يتيح زيادة الصبيب في معالجة التعليمات. وتكون هذه السلاسل متشابهة كما قد تكون كل منها متخصصة في إنجاز عملية معينة أو نوع معين من العمليات. وفي هذه الحالة الأخيرة، فإن كل سلسلة تتزود بالتعليمات التي يمكنها إنجازها فحسب. ونذكر من المعالِجات الصُّغرية التي تستخدم التقنية الأولى دارة ALPHA التي تستعمل أنبوبين فائقين متشابهين، ومن التي تعتمد الثانية دارة Pentium.

الإنجاز العشوائي

إن تقنية التسارع التي تعد اليوم أفضل التقنيات وأعلاها كفاءة هي التي تتمثل في اللجوء، من أجل تنظيم الآلة، إلى النموذج الثنائي المعروف في سلاسل التركيب، أي ما يعرف باسم "بهو التركيب". وتنتظم آلية الإنجاز هذه حول فاصل خاص (يعرف باسم ROB، اختصارا لعبارة ReOrdering Buffer، أي "فاصل إعادة التنظيم")، وهو عبارة عن ذاكرة يجري في داخلها إنجاز (أي "بناء") التعليمات شيئا فشيئا من قبل عوامل متخصصة تعمل في استقلال عن باقي المكونات. وتضطلع هذه العوامل بالبحث في الفاصل عن التعليمات التي يمكنها دفعها أماما، بقطع النظر عن مكان تلك التعليمات من البرنامج. فالعامل المكلف بقراءة معطيات العمليات في الذاكرة مثلا، يبحث عن التعليمات التي يحتاج إنجازها إلى قراءة هذه المعطيات، فيقرأ المعطيات المطلوبة ويودعها الأماكن المحددة لها في الفاصل. ويحتوي هذا النوع من الآلات على أنواع عدة من العوامل المتخصصة كل منها يعمل في مجال معين من مجالات الإنجاز.

تتمثل تقنية الإنجاز العشوائي إذن في إنجاز كل ما يمكن إنجازه من الوظائف الضرورية لمعالجة تعليمة معينة، إنجازها في أسرع وقت ممكن وفي استقلال عن بعضها بعضا، ودون انتظار إنجاز غيرها من التعليمات التي تجيء قبلها في الترتيب المتبع في البرنامج.

وغني عن القول أن هذه التقنية تطرح مشاكل تواكلية تستدعي حلولا بالغة التعقيد (شكل ١٠).



حاجز إعادة الترتيب (ROB)

شكل (١٠) مبدأ التنفيذ العشوائي

تستعمل تقنية الإنجاز هذه – وهي تقنية عالية الكفاءة وباهظة السعر معا – في دارات Pentium Pro II و III و ٤.

تجميع التعليمات في كلمات بالغة الطول

في هذا النوع من الآلات – وهو النوع المعروف باسم VLIW، اختصارا لعبارة Very Long Instruction Words، أي "الكلمات بالغة الطول حاملة التعليمات" – يجري تجميع عدد كبير من التعليمات البسيطة (والمفروض فيها أنها مستقلة عن بعضها) في كلمات طويلة جدا، وذلك بواسطة أدوات برنامية مختصة في إعداد البرامج (ما يعرف باسم المجمِّعات compilateurs)، أو بطريقة مباشرة أثناء الإنجاز. ويجري استخراج هذه التعليمات المجمعة من الذاكرة بطريقة متوازية، يلي ذلك إنجازها عبر طرق إنجاز مادية عديدة. ويبدو هذا الترتيب الهندسي واعدا، إذ إن كثيرا من الصانعين بدؤوا ينحون هذا الاتجاه في صنع آلاتهم المقبلة. ونذكر من بين هذه الآلات آلات Pentium Itanium و Transmeta Cruse و TMS TEXAS٣٢٠C٦٢xx وكذا ٥٢٠٠ SUN MAJC.

متعدد المعالِجات الصُّغرية المتراصة

لما كانت المعالِجات الصُّغرية قد استعملت كل التقنيات المعروفة في مجالي التسارع والإنجاز، فإن كثيرا من الصانعين يقترحون بين الفينة والفينة تجميع عدد كبير من المعالِجات الصُّغرية في دارة متراصّة. وليست هذه الفكرة بالجديدة، بل جرى التفكير في صنع متعدد المعالِجات الصُّغرية هذا multimicroprocesseurs مرات عديدة قبل ذلك (منها على سبيل المثال البرنامج الذي كان يرمي في بداية السبعينات إلى قرن معالِجين صُغريين من نوع ٦٨٠٠ MC في واحد). غير أن الأجيال الجديدة من وحيد المعالِجات الصُّغرية قد استحوذت لسوء الحظ بالاهتمام، مما جعل الصانعين يتخلون عن كثير من البرامج التي كانت تهدف إلى صنع طراز متعدد المعالِجات الصُّغرية. ولعل الأمر في سبيله اليوم إلى التغير، بما أن كل تقنيات تسارع الطراز وحيد المعالِجات الصُّغرية قد جرى استنفاذها. والواقع أن كل المعالِجات الصُّغرية الحديثة يمكن أن يُنظر إليها بصفتها بنيات من طراز متعدد المعالِجات الصُّغرية (كتقنية الأنبوب والإنجاز العشوائي وVLIW) تعمل على برنامج واحد.

استنتاجات

إن تطور الحواسيب يعد بحق واحدة من أكثر قصص التقنية تشويقا وإثارة خلال نهاية القرن العشرين وربما حتى بداية القرن الواحد والعشرين. فقدرة المعالجة لدى الآلات قد تضاعفت عدة ملايين من المرات منذ أن ظهرت هذه الآلات إلى الوجود في بداية الخمسينات. وليس هناك من ميدان تقني آخر شهد وتيرة تطور مماثلة على امتداد فترة زمنية بهذا الطول.

وتمثل المعالِجات الصُّغرية اليوم القلب النابض في الآلات المعلومياتية، وهي في طريقها إلى أن تحل محل كل ما عداها من تقنيات بناء الحواسيب.

وبفضل وجود المعالِجات الصُّغرية، فإن الإنسانية اليوم في سبيلها إلى تحقيق المكون "الذكي" الذي يمكن من إدخال تغييرات عميقة على الأشياء والأدوات التي تحيط بنا، ومن ابتكار أشياء وأدوات جديدة.

من الممكن أيضا أن يتساءل المرء إلى أين سيمضي بنا هذا التطور. فالقدرات الحسابية التي تتراءى في الأفق هي فعلا عظيمة وهائلة، لكن غالب الظن أنها ستبقى لمدى طويل قاصرة عن إرضاء الطلب الذي يبدو أن لا نهاية لجشعه. وتفتح هذه القدرة الحسابية الأبواب أمام الجمهور العريض لاستعمال أنواع من التكنولوجيا كانت حتى ساعتها وقفا على الاختصاصين، وهو ما يجعل من الحاسوب الشخصي أقوى الأدوات التي اخترعها الإنسان على وجه الإطلاق خلال تاريخه الطويل.

مراجع

– AMBLARD (P.), FERNANDEZ (J. C.), LAGNIER (F.), MARANINCHI (F.), SICARD (P.) et WAILLE (P.), *Architectures logicielles et matérielles*, Paris, Dunod, 2000.
– ANCEAU (F.), *The Architecture of Microprocessors*, New York, Addison-Wesley, 1986.
– ANCEAU (F.), « Architecture matérielle des PC Windows-Intel » dans *Techniques de l'Ingénieur*, H 1 008, 1998.
– ANCEAU (F.), « La saga des microprocesseurs, la course à la puissance » dans *Cerveau et machines*, V. Bloch (éd), Hermes Science, 1999.
– ANCEAU (F.), « La saga des PC Wintel » dans *Technique et science informatique*, vol. 19, n° 6, juin 2000.
– CHEVANCE (R. J.), *Serveurs multiprocesseurs, clusters et architectures parallèles*, Paris, Eyrolles, 2000.
– ÉTIEMBLE (D.), *Architecture des processeurs RISC*, Paris, Armand Colin, 1991.
– HENNESSY (J. L.) et DAVID A., PATTERSON (D. A.), *Architecture des ordinateurs, une approche quantitative*, traduction : International Thomson Publishing France, 1996.
– MESSER (H. P.), *Pentium et compagnie*, traduction : Addison-Wesley, 1994.
– VON NEUMANN (J.), *L'Ordinateur et le cerveau*, trad. franç., Paris, Flammarion, (coll. Champs) 1996.
– *Qui a inventé l'ordinateur ?, Les cahiers de Science & Vie, Grands ingénieurs*, hors série n° 36, décembre 1996.
– TANENBAUN (A.), *Architecture de l'ordinateur*, Paris, Dunod 2000.
– TEIFRETO (D.), *Cours d'architecture des ordinateurs*, 2000, http://lifc.univ-fcomte.fr/PEOPLE/teifreto/Teifreto.html.
– ZANELLA (P.) et LIGIER (Y.), *Architecture et technologie des ordinateurs*, Paris, Dunod, 1998.

تحدّ جديد يتجسد في تخزين المعطيات[٣]

بقلم جاك بيبنج
Jacques PÉPING

لقد أنتجت حضارتنا خلال السنوات الثلاثين المنصرمة كمية من المعلومات تفوق ما أنتجته خلال الخمسين قرنا التي سبقت. ففي عام ١٩٩٩، كانت نسبة المعلومات الرقمية الممكن استغلالها على المستوى العالمي لا تجاوز ٤% من مجموع ما هو متوفر منها عبر العالم، في حين كان الباقي موجودا على الورق أو على الأفلام البلاستيكية أو غير ذلك من الحاملات ذات الطبيعة النظيرية. وسترتفع هذه النسبة لتبلغ ١٥% عام ٢٠٠٤. كما أن أكثر من نصف المعلومات التي سننتجها انطلاقا من اليوم ستكون على شكل معلومات رقمية. وأخيرا، فإن الإنترنت لم يحتج لأكثر من أربع سنوات ليصبح عدد مستعمليه خمسين مليونا، في حين احتاجت أجهزة الحاسوب الشخصي إلى عشرين سنة لبلوغ العدد نفسه، وأجهزة الراديو إلى أربعة عقود كاملة من الزمن.

يتبين من هذه الأمثلة البسيطة مقدار السرعة الهائلة والمتزايدة التي نلج بها اليوم عهد الإعلام، كما يتبين منها مدى صعوبة التحدي المتمثل في تخزين المعطيات. وسنرى بدءا كيف تجيب التكنولوجيا عل الأسئلة وكيف تتطور هندسات بناء الحواسيب، ثم نسلط بعضا من الضوء بالخصوص على مفهوم SAN، هذا المفهوم الجديد القائم على تخزين المعطيات في الشبكة، والذي سيقلب تقنيات تخزين المعطيات رأسا على عقب، لنختم بعد ذلك بتأملات حول آفاق تخزين المعطيات في المستقبل.

---

(٣) نص المحاضرة رقم ٢٤٩ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٥ سبتمبر ٢٠٠٠.

التحدي الذي يواجهه تخزين المعلومات

ما أسرع ما تتغير المقاييس في عهد الإعلام.

أما أول مقياس طاله التغيير، فهو كمية المعلومات المخزنة على المستوى العالمي، أي مجموع ما هو مخزن خارج الحواسيب الشخصية وخارج المصرّفات (les serveurs). فتلك الكمية تُحسَب اليوم بملايين ملايين الملايين من الأُثمونات، في حين كانت تحسب بألوف ملايين الملايين (أي بمقياس أصغر بألف مرة) في بداية التسعينات... وإذا اعتبرنا أن كل أُثمون (أي ثمان وحدات بسيطة من قيمة ٠ أو ١) تمثل حرفا واحدا، فإن وحدة téra-octet واحدة (أي ألف مليار من الأُثمونات) تمثل ما يعادل أربعين ألف شجرة، وعشرين مليونا من الصفحات المصورة وخمسمائة مليون صفحة مكتوبة. واليوم، فإن هذه الكمية كلها يمكن تخزينها داخل نظام من خمسة عشر إلى عشرين قرصا، لا يجاوز حجمها حجم درج مكتب، وغدا سيمكن تخزينها جميعا على خرطوشة مغناطيسية أو اثنتين.

وأما ثاني المقاييس التي مسها التغيير فهو امتداد شبكة الإنترنت واتساعها، وهو مجال يصعب فيه التكهن لفرط السرعة التي تتمدد بها الشبكة. فعدد رواد شبكة الإنترنت يتزايد حاليا بمقدار ١٠% في كل شهر، والمحللون ذوو الشأن يتوقعون أن يبلغ عدد المستعملين ثلاثمائة مليون عام ٢٠٠٢. فكيف سيتأتى يا ترى التعامل مع هذا السيل الجارف من الاتصالات والمعلومات المتبادلة؟ كيف يمكن تسريع تبادل المعلومات وكيف يمكن تقصير زمن الدخول إلى الشبكة؟

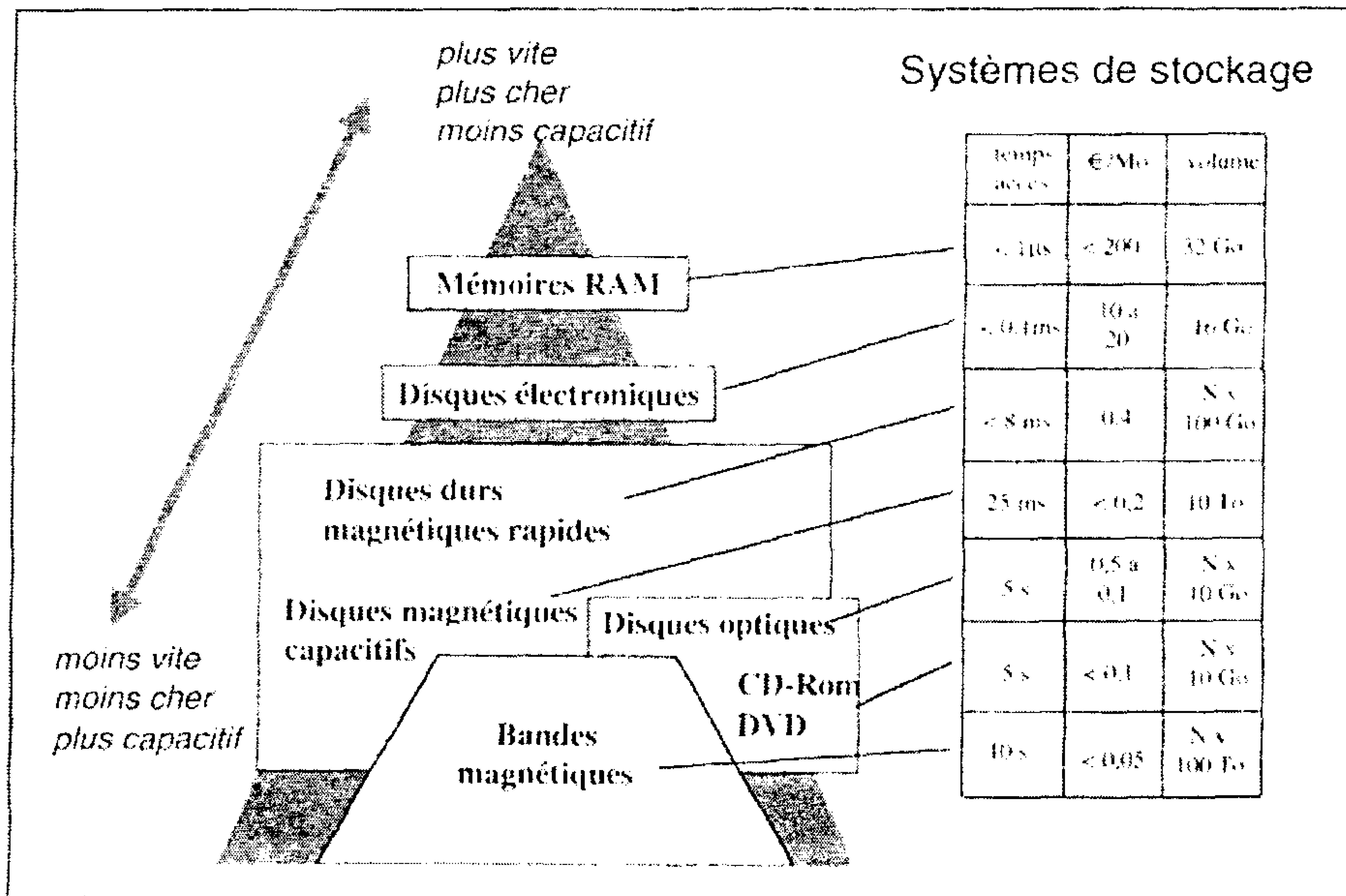
وأما ثالث المقاييس، فهو التجارة الإلكترونية، حيث إنه من المفروض أن تنتقل مداخيل تلك التجارة في زمن لا يتعدى خمس سنوات من مائة وخمسين مليار أورو عام ١٩٩٩ إلى ألفين وخمسمائة مليار عام ٢٠٠٤. فكيف ياترى سيتأتى تدبير وحماية هذه الكميات الهائلة من المعطيات التي تمثل موروث المقاولة كله؟ كيف سيتأتى التحلي بما يكفي من سرعة البديهة للتكيف الآني مع التغيرات التي تطرأ على سلوك الزبائن، والاستجابة السريعة لطلبات كثيرا ما تكون غير مُتوقعة؟

كيف تجيب التكنولوجيا على هذه الأسئلة

التراتبية الجديدة في مجال التخزين

يبين الشكل رقم ١ هرم تقنيات التخزين. في قمته نجد أكثر التقنيات سرعة، لكنها أيضا أغلاها سعرا وأقلها سعة. وكلما انحدرنا نحو قاعدة الهرم وجدنا تقنيات أقل سرعة، لكنها أرخص ثمنا وأكبر سعة. وهكذا نجد من أعلى إلى أسفل: الذاكرات من نوع RAM التي تعمل بأنصاف النواقل، ثم الأقراص الإلكترونية، فالأقراص الصلبة المغناطيسية، فالأقراص البصرية، وأخيرا الشرائط المغناطيسية.

ويبين الجدول على يمين الهرم الأرقام الخاصة بأنظمة التخزين التي تستعمل كلا من هذه التقنيات. فزمن الدخول إلى الأنظمة التي تعتمد الأقراص سريعة الدوران مثلا يقل عن ثمانية أجزاء من ألف من الثانية، وتلك الأنظمة قادرة على تخزين مئات المليارات من الأُثمونات بسعر يعادل ٠،٤ أورو عن كل مليون وحدة. وعلى النقيض من ذلك فإن مكتبات الشرائط المغناطيسية الآليةَ يمكنها تخزين مئات آلاف المليارات من الوحدات بسعر يقل عشر مرات عن سابقه، لكن الدخول إليها يستدعي وقتا من بضع ثوان (شكل ١).



فكون الأقراص الصلبة المغناطيسية تستحوذ رويدا على المجالات التي كانت حتى اليوم وقفا على الأقراص البصرية والشرائط المغناطيسية، وهي تفعل ذلك بفضل ما تتميز به من قدرات كبيرة على التخزين بسعر زهيد. وأما ثانيهما، فهو أن الأقراص البصرية تجد نفسها اليوم بين الأقراص المغناطيسية والشرائط المغناطيسية، محشورة في مجال لا يفتأ يزيد عليها في كل يوم ضيقا، مما جعلها تقتصر على أسواق صغرى.

الأقراص المغناطيسية: التكنولوجيا المهيمنة

عام ١٩٥٦، طرحت شركة IBM في الأسواق أول قرص صلب ذي رأس متحركة، هو المعروف باسم RAMC ٣٥٠. وكان هذا القرص يحتاج إلى ٥٠ أسطوانة لا يقل قطرها عن عشرة سنتيمترات، لأجل تخزين خمسة ملايين من الأحرف، وكان سعر كرائه يبلغ ٣٥٠٠٠ دولارا للسنة. أما اليوم، فقد أصبح قطر الأقراص أقل من عشرة سنتيمترات، وأصبح بمقدورها تخزين عشرات المليارات من الحروف، بسعر لا يزيد عن فرنك واحد عن كل مليون من الحروف.

هناك خاصيتان يتميز بهما القرص

فالكثافة السطحية هي ناتج ضرب الكثافة الخطية (كم كيلوبايت في البوصة) بعدد المسارات في كل بوصة (والبوصة تعادل ٢،٥٤ سنتيمتر). واليوم فإن الكثافة السطحية في قرص من سعة ٣٦ مليون أُثمون (٣٦ Go) تفوق ثلاثة ملايين أُثمون في البوصة المربعة، في حين تبلغ الكثافة الخطية فيه ٢٥٠ كيلوبايت في البوصة، وعدد المسارات أزيد من ١٢٥٠٠ مسار في البوصة. بل لقد استطاع التقنيون في المختبرات تطوير كثافات من قبيل ٢٠ مليونا من الأُثمونات. والخلاصة أن ما شهدته الكثافة المغناطيسية خلال السنوات العشر الأخيرة من تزايد مطرد يسير وفق منظومة خوارزمية.

أما وقت الولوج فنعني به الوقت الضروري للوصول إلى المعطيات، وهو يُحسب بأجزاء من الألف من الثانية. ويتعلق الأمر أساسا بمزاوجة بين زمنين. أما الزمن الأول فهو الوقت الذي يقضيه نظام الرؤوس القارئة في الانتقال بين المسارات المختلفة بحثا عن المسار المطلوب. ويستدعي الانتقال من مسار إلى آخر نحو جزء من ألف من الثانية، في حين يلزم ما يقارب خمسة عشر جزءا من ألف من الثانية للانتقال من مسار في أقصى القرص إلى مثيل له في أدناه. وأما الزمن الثاني، فهو ما يعرف بزمن الكمون الدوراني، إذ إنه متى وُضعت الرأس القارئة عل المسار الصحيح، تعين انتظار أن يمر القطاع المطلوب ولوجه تحت هذه الرأس كي تستطيع قراءته. ويساوي هذا الزمن في المعدل نصف وقت دورة كاملة من دورات القرص، وبما أن أسرع الأقراص الموجودة حاليا تدور بسرعة عشرة آلاف دورة في الدقيقة، فإن نصف وقت دورتها هو ثلاثة أجزاء من ألف من الثانية.

شيء أخير يجدر أن نذكره، هو أن الكثافة السطحية تتضاعف كل ثمانية عشر شهرا، في حين أن سعر التخزين المطلوب أداؤه عن كل مليون أُثمون ينقص بما مقداره أربعين في المائة كل سنة.

الخدار في الهرم

الأقراص البصرية

مجال التخزين بالتقنية البصرية مجال يدخله من التغييرات المتوالية ما يجعل التقنيات المستخدمة فيه قصيرة العمر لا تكاد تخرج إلى الوجود حتى يظهر غيرها فيحكم عليها بالإهمال. وهذه التقنية هي اليوم محصورة في تطبيقات قطاعية محدودة تستلزم ما تتميز به تلك الأقراص من متانة وطول عمر.

في ١٥ سبتمبر عام ١٩٩٥، اتفقت الشركات العاملة في مجال الفيديو الموجه إلى الجمهور الواسع ومجال المعلوميات على تصنيع قرص بمعايير

عالمية، هو ما يصطلح على تسميته DVD، اختصارا لعبارة Digital Versatile Disk، أي "القرص الرقمي ذي الوجهين"، وهو قرص له الخاصيات الفيزيائية نفسها التي للقرص المدمج Compact Disk، بقطر مقداره ١٢ سنتيمترا، لكن مع فارق أن وجهيه معا قابلان معا لأن تلصق عليهما طبقتان من المواد الخاصة توفر كل واحدة منهما قدرة تخزين تعادل ما يساوي ستة إلى سبعة أقراص من نوع CD-ROM. فوجها لقرص من نوع DVD يحمل كل منهما طبقتين من المواد، يستطيع تخزين سبعة عشر مليون أُثمون.

وسوف تستفيد تكنولوجيا الأقراص الرقمية ذات الوجهين من اتساع سوق الصناعة الموجهة إلى الجمهور العريض، ولا شك أن هذه التكنولوجيا ستعيد إلى تقنية التخزين البصرية ما تستحقه من مكانة بين تقنيات تخزين المعطيات.

الشرائط المغناطيسية

لا تفتأ الشرائط المغناطيسية تزيد يوما عن يوم سعة وقدرة على التخزين. وهي تعتمد نوعين رئيسين من التسجيل، أولهما التسجيل الحلزوني (حيث تكون الرؤوس المسجّلة مثبتة فوق أسطوانة دوارة ينحرف محورها عن خط الشريط بدرجة معينة)، وثانيهما التسجيل الخطي (حيث تجري الكتابة بطريقة متوازية على عشرات من المسارات في اتجاه سير الشريط). وتتيح هذه التقنية اليوم تسجيل مائة مليار حرف على خرطوشة واحدة، ولن يطول بنا الزمن أن نرى خراطيش قادرة على تخزين ألف مليار من الحروف.

وتتميز بعض حاملات الشرائط بتوفرها على ذاكرة صغيرة تحمل قائمة بالملفات الموجودة ومكان كل منها على الشريط، مما يتيح تسريع عملية البحث عن تلك الملفات.

وأخيرا، فإن وثوقية الشرائط المغناطيسية قد ارتفعت بقدر كبير بفضل استعمال شفرات ذات قدرة عالية على تتبع الأخطاء وتصحيحها.

تطور الهندسات

لقد رأينا كيف أن التكنولوجيات قمينة بالتغلب على مشاكل الإعلام، غير أن ذلك غير كاف، لأنه ينبغي لتحقيق ذلك أن يواكبها تطور مماثل في مجال هندسة الحواسيب. وقد حدثت في هذا المجال طفرتان مهمتان أغنتا تكنولوجيات الأقراص والشرائط المغناطيسية بشكل كبير، أولاهما ما يعرف باسم RAID وثانيتهما الشريط الافتراضي.

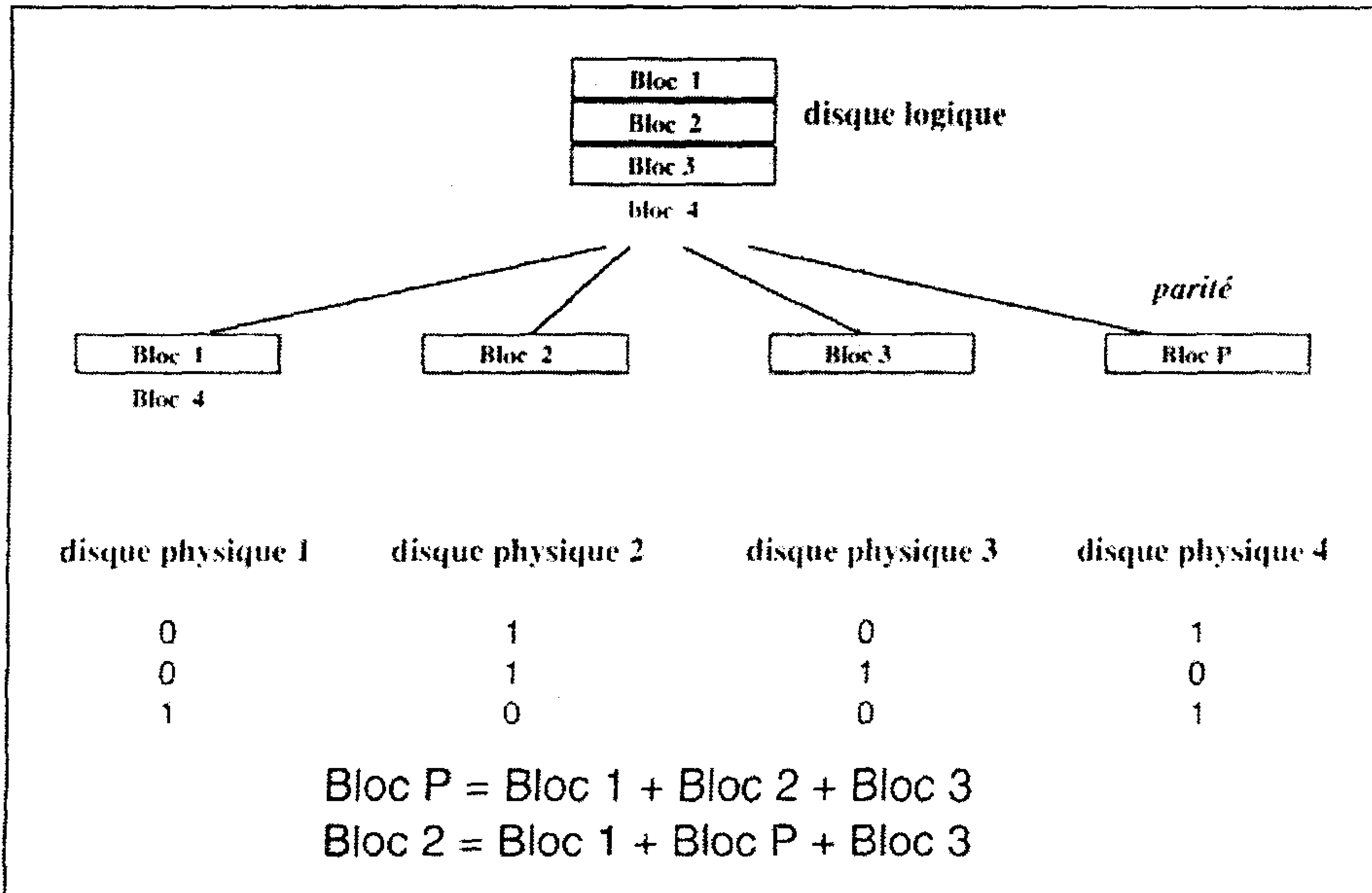
المبدأ الأساس في تقنية RAID

خلال عقد الثمانينات، وبدافع من تطور الحواسيب الشخصية، صارت الأقراص أصغر فأصغر حجما وأرخص فأرخص سعرا. وكان من نتيجة ذلك أن الأنظمة الكبرى تخلت عن الأقراص الكبيرة وصارت تستخدم عوض كل واحد منها مجموعة من الأقراص الصغيرة. غير أن هذه الأخيرة إن كانت أرخص سعرا فإنها أيضا تعتمد تقنية أدق وأقل وثوقية من نظيرتها المستعملة في الأقراص الكبيرة. ولحل هذا الإشكال جرى اللجوء إلى إدخال نوع من التكرار redondance على طريقة عمل مجموعات الأقراص، فتمخض ذلك عام ١٩٨٨ عن فكرة ما يعرف باسم RAID، اختصارا لعبارة Redundant Array of Inexpensive Disks (أي "اللائحة المسهبة الخاصة بالأقراص الرخيصة")، التي رأت النور في مختبرات جامعة بركلي Berkeley الأمريكية. وتبعا لذلك فإن المستعمل يرى أمامه قرصا منطقيا يسجل عليه كتلا من المعطيات: الكتلة ١، الكتلة ٢، الكتلة ٣، وهكذا دواليك. والواقع أن المعطيات يجري تسجيلها على مجموعة كبيرة من الأقراص المادية، يجري التنسيق فيما بينها عن طريق استعمال قرص خاص يدعى قرص التكافؤ (انظر الشكل ٢).

نحصل على الكتلة الكبيرة P عبر إجراء فصل من نوع "أو حصـــريا" بـــين الوحدات البسيطة وحدة وحدة داخل الكتل المنتظمة في الشريط الواحد، مما يعطينا: الكتلة الكبيرة P = الكتلة ١ + الكتلة ٢ + الكتلة ٣. وتتيح خاصية الفصل الحصول أيضا على العلاقة التالية: الكتلة الكبيرة ٢ = الكتلة ١ + الكتلة الكبيرة P + الكتلــة ٣. وهكذا، فإذا ما ضاع القرص ٢ مثلا، أمكن إعادة تكوين محتواه انطلاقــا مــن الأقراص الأخرى المحملة بالمعطيات وكذا من قرص التكافؤ.

الشـريط الافتراضـي

تتلخص الفكرة الأساس في هذه التقنية في أن يحشر بين النظـــام والـــذاكرة مصرِّفُ شرائطَ افتراضيٌّ - هو عبارة عن حافظة (Mémoire cache) كبيرة على أقراص - يقوم بتحفيز الشرائط المغناطيسية ويحتوي علـــى المعلومـــات اللازمـــة لتركيب كتل المعطيات وتفكيكها.



ويمتاز هذا التصور بميزتين. فهو من جهة يخفي ما تتصف به التكنولوجيات من حقيقة مادية، فييسر بذلك اشتغالها في تكامل مع بعضها، لأن النظام المضيف لا يشعر بأن الأمر يتعلق بواقع افتراضي، فيتصرف كما لو أنه يشتغل على شرائطه المغناطيسية الخاصة. وهو من جهة ثانية يسرّع المبادلات بفضل وظيفة الحافظة لديه. وبما أن ٨٠ إلى ٩٠ بالمائة من كتل المعلومات يجري استدعاؤها من جديد في أقل من أربع وعشرين ساعة بعد كتابتها، فإن أغلب العمليات يجري إنجازها بسرعة الأقراص نفسها.

المراحل الثلاث التي مرت بها هندسة الحواسيب

إن الملاحظ ليعجب للطريقة التي تطورت بها تقنيات هندسة التخزين. فقد انتقلت البنيات التحتية في المقاولات تدريجيا من نسق كانت الوظيفة الحسابية تحتل في ظله مكان الصدارة من الأنظمة المعلومياتية، إلى نسق آل فيه هذا المكان إلى المعلومات. وقد واكبت هندسة التخزين هذا التغير، بل يجوز القول إنها سبقته. ويمكن التمييز بين ثلاث مراحل كبرى من التطور شهدتها هذه الهندسة.

أما أولى تلك المراحل فقد أوكل فيها أمر التخزين إلى المصرّف فكان وظيفة من وظائفه، وتجسد ماديا في علبة صغيرة مرتبطة بالوحدة المركزية في المصرّف الذي يتولى أمر تدبيرها. وكان يطلب من المُصرّف أن يستجيب سريعا لطلبات التطبيقات، مع الحفاظ على سلامة ما يستقبله من المعلومات، ولذلك كنت تجده دائما مجهزا بوظيفة RAID الإسهابية العاملة على تدارك ما يضيع من معلومات.

أما خلال المرحلة الثانية، فقد انصب الجهد على محاولة توزيع مورد التخزين توزيعا محليا بين عدد من المصرّفات من مختلف التقنيات ومختلف أنظمة الاستغلال، فكان في ذلك إيذان بانفصال وظيفة التخزين عن المصرّف، إذ أصبحت للتخزين إدارة خاصة به. وإذ أضحى التخزين مستقلا، فقد أضحى أيضا أذكى مما

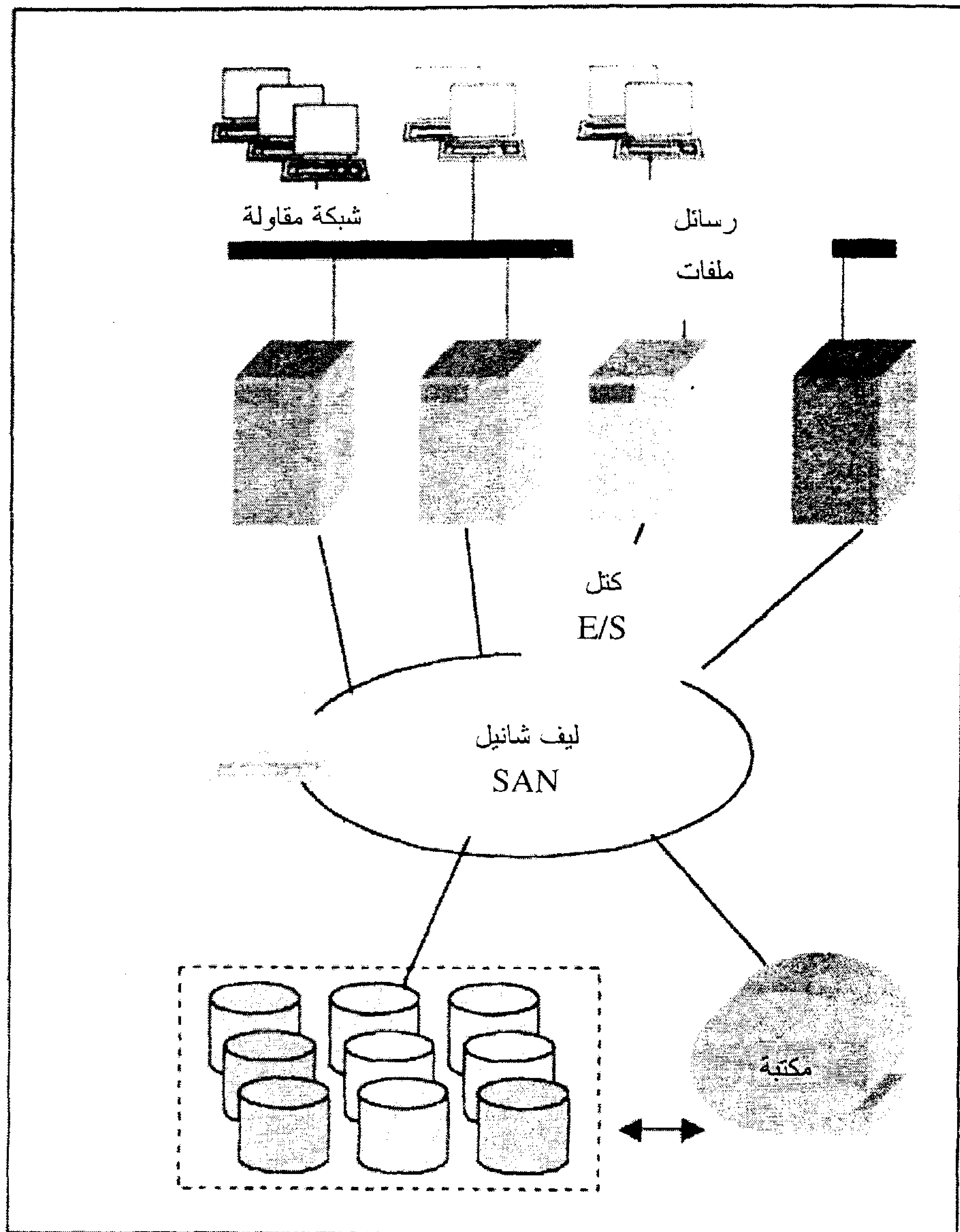
كان. فقد صار من مهام التخزين مثلا إعادة نقل المعطيات عن بعد، وكذا تنظيم توزيع الموارد بين المصرِّفات المختلفة توزيعا مؤمَّنا.

ثم جاءت المرحلة الثالثة، فصارت المعلومات تخزن في الشبكة، وصار تحريرها يجري عن بعد، واتسع نطاق ذلك التحرير ليغطي المقاولة بأكملها. صار التخزين مستقلا تمام الاستقلال عن المصرِّفات، وأضحى يمثل جانبا قائما بذاته من جوانب المعلوميات. ويعتمد توزيع التخزين في الشبكة اليوم بالأساس على المفهوم المعروف باسم SAN.

تقنية SAN: فكرة جديدة

في الهندسة التقليدية، تتبادل المصرِّفات الرسائل والمعطيات عبر شبكات مقاولات من نحو Ethernet وغيرها، وتتوفر على موارد تخزين خاصة بها.

وفكرة SAN (اختصارا لعبارة Storage Area Network، أي "مساحة التخزين الترابطي") عبارة عن شبكة جديدة ذات سرعة كبيرة مهمتها الاضطلاع بالتخزين، تتموقع خلف المصرِّفات، تكملةً للشبكات المحلية في المقاولة. وتتيح هذه الفكرة لا فحسب ربط علاقات بين أي مصرِّف وأية وحدة تخزين، بل وكذلك ربط وحدات التخزين فيما بينها ربطا مباشرا. فالأطراف داخل شبكات المقاولات تتبادل رسائل وتقلب ملفات، أما مع SAN، فيجري تبادل كتل مادية من المعطيات. ويعود الفضل في تطوير هذه الفكرة بالأساس إلى التقنية البصرية المعروفة باسم Fibre Channel التي يجري اعتمادها اليوم على نطاق واسع من قبل الصانعين. فالروابط من هذا النوع تتيح نقل معطيات على مسافة كيلومترات عديدة وبسرعة تبلغ مائة مليون حرف في الثانية.


شبكة مقاولة
رسائل
ملفات
كتل
E/S
ليف شانيل
SAN
مكتبة

فما هي امتيازات فكرة SAN؟

- سقوط الحاجز الذي كانت تقيمه المسافات. فموارد التخزين يمكن أن تكون موجودة على بعد كيلومترات من المصرّفات، وقدرة الربط التي عند وحدة Fibre Channel واحدة تفوق بكثير ما توفره الصفحات المشتركة التقليدية (إذ تبلغ نظريا نحوا من ستة عشر ألف عقدة).

- بما أن بمقدور كل المصرّفات أن تدخل مباشرة إلى مجموع موارد التخزين، فمن المعقول أن ييسر ذلك تكييف القدرة على التخزين مع تطور التطبيقات. وبمعنى من المعاني، فإن ذلك يعني التوفر على تشكيلة من المزالق تتيح تحديد مساحة التخزين التي تضبط عند ذلك في تلاؤم مع الطلب.

- بما أن موارد التخزين مجمعة على شكل شبكة، فإنها تصبح جميعها منظورة انطلاقا من نقطة إدارة واحدة. وبذلك فإن مفهوم SAN يتيح إدارة موحدة لمجموعة من وحدات التخزين، حيث يصبح من الممكن تبادل المعطيات عبر شبكة سريعة ومتخصصة، مما يتيح تخفيف العبء عن شبكات المقاولات وتسريع حفظ المعطيات.

- بفضل تقنية Fibre Channel، صار من الممكن إعادة نقل المعطيات على مسافة كيلومترات متعددة، مع وقت استجابة مماثل لذلك الذي يتيحه ارتباط محلي من بضعة أمتار فحسب، وهو ما لا تخفى فائدته في الحفاظ على المعطيات في حال الحوادث وما شابهها.

التخزين في المستقبل
ما الشكل الذي سيتخذه التخزين في السنوات المقبلة؟

فيما وراء جدار SPE (ظاهرة ما فوق المغناطيسية المسايرة)

إلى أين يا ترى سيمضي بنا هذا السباق المحموم نحو تحقيق أكبر قدر من الكثافة المغناطيسية؟ فالراجح أن جدار SPE لن يصمد طويلا أمام التقنية، ولن يطول به الزمن أن يُتجاوَز كغيره من العقبات. وهذا الجدار عبارة عن ظاهرة فيزيائية تقع حين تصبح الحبيبات المغناطيسية عاجزة عن الحفاظ على مجال مغناطيسي في درجة حرارة معينة. حينها يصبح تأثير الخلايا المجاورة قويا بما يُفقد عملية التخزين استقرارها ويجعل من المستحيل ضمان القيمة الثنائية ٠ أو ١. ويحدد الخط الذي تحصل عنده هذه الظاهرة عموما في حوالي ١٥٠ مليون أُثمون في البوصة المربعة الواحدة. وعلى سبيل التذكير، فإن أكثر الأقراص الموجودة في السوق تطورا لا تجاوز الكثافة المغناطيسية فيها ثلاثة إلى أربعة من ملايين الأُثمونات في البوصة المربعة، مما يدع مجالا بالنسبة إلى السنوات القادمة.

أما المضي فيما وراء هذا الحاجز، فلا شك أنه سيستدعي التخلي عن التسجيل المغناطيسي كي تستبدل به تقنيات أخرى جديدة.

الأقراص المغناطيسية البصرية

تقوم فكرة هذه الأقراص على استعمال مادة مغناطيسية أكثر صلابة وتتوفر على قوة إكراه كبيرة. وبما أن هناك مشكلة تتمثل في صعوبة الكتابة على هذه المواد، فإنه يجري استعمال أشعة الليزر من أجل تسخينها حتى يصبح سطحها أقل صلابة، حتى إذا برد السطح استعاد كل خصائصه المغناطيسية. وتبقى بطبيعة الحال الصعوبة المتمثلة في تفادي تأثير حرارة الليزر في عمل الخلايا المجاورة.

أسطوانات وأخاديد

لضمان عدم تأثير البتّات – التي لا تفتأ تصغر حجما – في بعضها، جرى التفكير في تسجيلها على سطح أسطوانات مغناطيسية صغيرة، مع الفصل بينها بواسطة أخاديد. ولا تزال هذه التقنية الآن مكبوحة الجماح بسبب كون تقنيات النقش البصري المستعملة فيها مأخوذة عن تقنيات الدارات المدمجة، التي لا تسمح بنقش أسطوانات يقل حجمها عن ثمانين نانومتر (النانومتر جزء من مليار من المتر)، وهو ما يعني كثافة سطحية أقل بكثير مما هو منتظر.

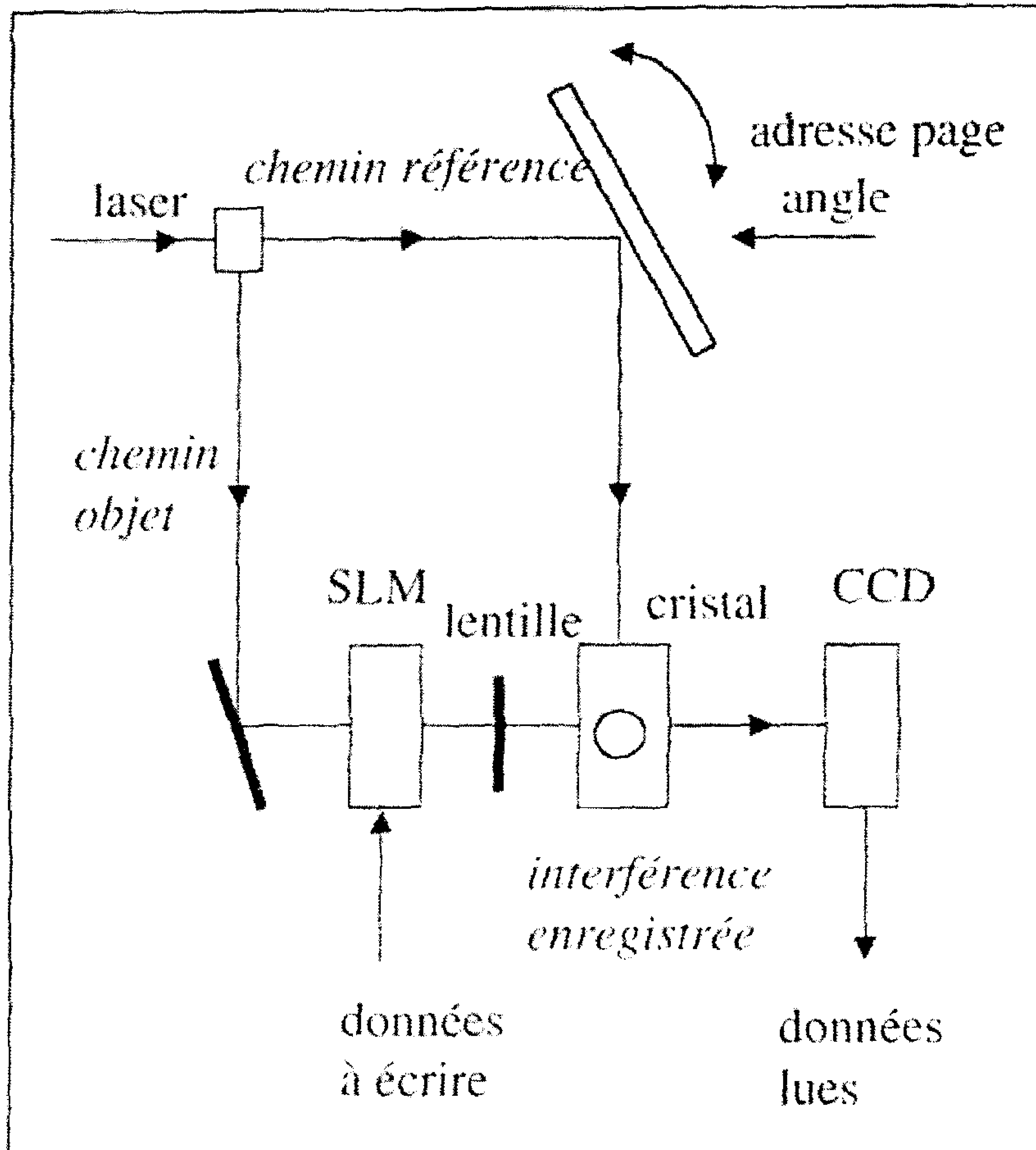
التخزين عبر طريقة التحليل الذري

هناك تكنولوجيا أخرى تبدو جد واعدة، هي تلك التي تعتمد التحليل الذري، حيث تكون كل ذرة مساوية لبتة واحدة. وتقوم الفكرة على بناء شبكة من المسبارات تكون قادرة على أن تخلق – بواسطة الضخ الحراري injection thermique – نقطا صغيرة جدا لا يجاوز قطرها بضعة نانومترات، تغير خواص المادة الفيزيائية، فتنقلها من حالة اللاتَبَلُّر إلى حالة التبلر. ولنتخيل درجة التعقيد التي ينبغي أن يكون عليها المحرك المصغر الموكل إليه وضع المسبارات في مكانها المحدد بدقة تبلغ واحدا على مليار من المتر... هذه التقنية، إذا ما تم التحكم فيها، ستتيح الحصول على كثافة سطحية تقارب ألف مليار من البتات في البوصة المربعة الواحدة.

الشريط المثقب الجديد

يعمل الباحثون في مختبرات أخرى على بعث الشريط المثقب إلى الحياة. وتتمثل الطريقة الجديدة في تسخين المادة البلاستيكية بواسطة رأس إبرة إلى حوالي ٤٠٠ درجة، لجعلها تذوب بعض الشيء فيرتسم على صفحتها أخدود دقيق يعادل بتّة واحدة. أما حين القراءة، فإنه يجري تسخين رأس الإبرة إلى ٣٥٠ درجة، أي

تحت نقطة الذوبان، فإذا مر الأخدود تحتها فإن ذلك يحدث تركيـزا فـي الطاقـة الحرارية، ينجم عنه تغيير في المقاومة الكهربائية في الإبرة. ومن الممكن اليـوم، بفضل تقنيات الدارات المدمجة، تحقيق مجمعات من ١٠٠٠ إبرة داخل مربع طول كل ضلع من أضلاعه ثلاثة ميليمترات. وقد جرى بالفعل الحصول فـي ظـروف تجريبية على كثافات بلغت ٤٠٠ مليون بتة في البوصة المربعة الواحدة.



التخزين عبر تصوير النتوءات بأشعة الليزر أو التخزين الهولوغرافي Stockage holographique (شكل ٤).

تتميز هذه التقنية عن سابقاتها بشكل بارز، حيث تؤخذ حزمة من أشعة الليزر فتقسم إلى حزيمتين تدعى أولاهما "المرجع" référence والثانية "الموضوع" objet. وتقوم هذه الحزيمة الأخيرة بتسليط إضاءة تامة على معدّل ضوءٍ فضائي هو عبارة عن لوح من البلورات السائلة مصنوعة بتقنية تشابه تلك المستعملة في الحواسيب المحمولة. هناك يجري تحميل المعطيات المراد تسجيلها، فتخترق الحزيمةُ المعدّلَ وهي محملة بالمعطيات، حيث يجري توجيهها صوب بلورة حساسة للضوء تتداخل فيها تلك الحزيمة مع نظيرتها (المرجع) التي يجري توجيهها هي أيضا نحو البلورة نفسها مع مراعاة زاوية إسقاط معينة. وهذا التداخل يمثل بشكل من الأشكال مادة الصورة الهولوغرافية، التي هي عبارة عن تشكيلة ضوئية ذات خواص بصرية تستطيع البلورة تخزينها.

ويكفي لقراءة هذه المعطيات أن تضاء البلورة بالزاوية ذاتها بالحزيمة "المرجع"، وأن توجه الحزيمة الناتجة عن ذلك نحو كاميرا CCD تتيح استعادة المعطيات التي تكون آنذاك قد حمّلت على هذه الحزيمة. وبتغيير زاوية سقوط الحزيمة "المرجع" (والزاوية هي عنوان الصفحة)، يمكن تسجيل صفحات مختلفة في كتلة بلورية واحدة.

من بين الصعوبات التي تواجه الباحثين، هناك مشكلةُ اندثار المادة المستخدمة بشكل سريع. فكلما ازداد عدد الصور المسجلة في كتلة بلورية واحدة ضَعُفَت قوة تلك الصور، لأن الخواص الديناميكية التي للمادة دقيقة. ولذلك فإن اختيار مادة تكون ذات خواص بصرية جيدة وذات حساسية مقبولة وثمن رخيص، مسألة جوهرية بالنسبة إلى مستقبل التخزين الهولوغرافي.

غير أن هذه تقنية في التخزين تبقى رغم ذلك أحبل التقنيات بالوعود. فهي تتيح تخزين ألف مليار من الأُثمونات في كتلة بلّورية بحجم قطعة سكر، وتسجيل

صفحات كاملة تحمل ملايين من البتّات مرة واحدة، ودون أية حركة ميكانيكية. وهي كذلك تقنية موثوق بها إلى حد كبير، فحتى لو اتفق أن تنشطر قطعة السكر نصفين، فإنها تبقى محتفظة بالمعلومة المسجلة عليها !

وهي فوق هذا وذاك تقنية قادرة على التخزين الترابطي، بمعنى أن الباحث عن المعلومة لا يعود يعتمد في بحثه على عنوان تلك المعلومة، بل على محتواها. فإذا أراد البحث عن موضوع معين ساءلَ البلورة الهولوغرافية عنه انطلاقا مما يمكن تشبيهه ببصمة تحدد بدقة هوية المعلومة المطلوبة. وبذلك فإنها تقنية تمكننا من أن نستخرج من المعلومة المعرفةَ التي نريد الحصول عليها.

طرق التخزين السيارة

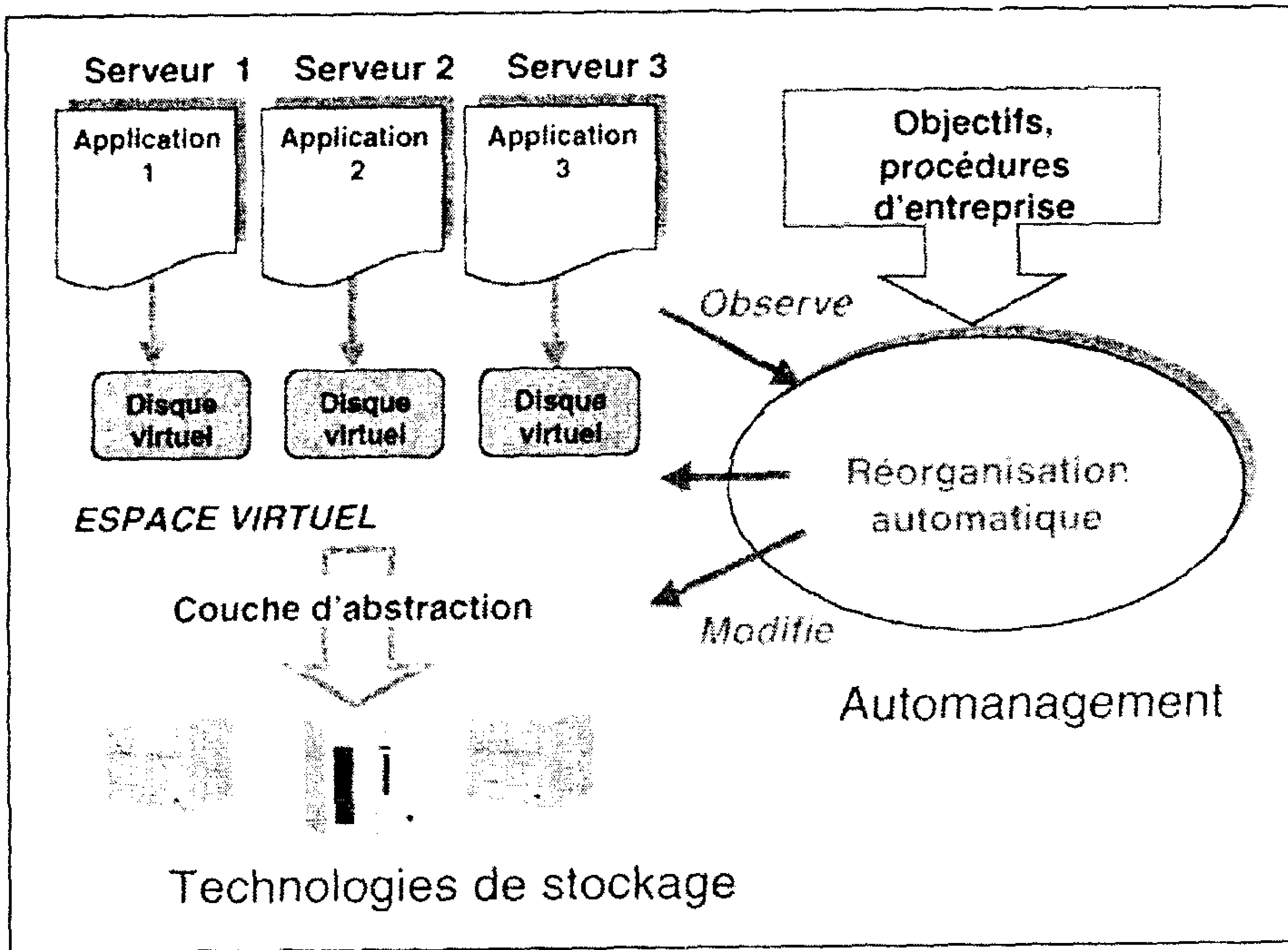
إن شبكة الإنترنت هي الشبكة التي سيعتمد الاقتصاد العالمي عليها. فكميات هائلة من المعطيات ذات القيمة الاقتصادية العالية هي اليوم محفوظة في أنظمة التخزين، وهناك تقارب طبيعي يزداد يوما عن يوم وضوحا على المستوى العالمي، بين الرغبة في تبادل كميات هائلة من المعلومات والرغبة في حفظ تلك المعلومات في أنظمة التخزين.

والراجح أن هذا التقارب سيصبح أيسر خلال السنوات القادمة بفضل طفرة تكنولوجية في مجال سرعة النقل البصري. فبفضل تقنية DWDM (اختصارا لعبارة Dense Wavelength Division Multiplexing، أي "تقسيم الموجات الكثيفة متعدد الحجرات")، سيصبح من الممكن نقل عشرات آلاف المليارات من البتات عبر ليف بصري واحد. وتقوم هذه التقنية على تقسيم عدد كبير من قنوات نقل ذات أطوال أمواج مختلفة ووضعها في الليف البصري نفسه، وهو ما يسمح برفع قدرة النقل لدى الليف البصري إلى مائة ضعف أو ربما حتى ألف ضعف.

بعد خمس سنوات من الآن، سيمتد عبر العالم ما يقارب ثلاثين مليار كيلومتر من الألياف البصرية، أي أكثر بألف مرة تقريبا مما هو موجود اليوم.

ومعنى ذلك أن المرء سيجد تحت تصرفه شبكة هي مليون مرة (ألف في ألف) أكبر من الشبكة الحالية، باتساع غير محدود وسعر دخول يكاد يكون منعدما. أما زمن التخزين، فسيكون بسعر الورق، مما سيجعلنا نرى عما قريب شبكات تخزين تمتد من كل مدينة لترتبط بالعالم كله، مكونة من أنظمة SAN محلية مرتبطة فيما بينها بطرق بصرية سيارة. ساعتها سيستطيع المرء وهو في باريس مثلا دخول نظام أقراص موجود في نيويورك بالسرعة ذاتها التي يدخل بها إلى القرص الصلب في حاسوبه الشخصي.

مجال التخزين الافتراضي (شكل ٥)



شكل (٥)

لا بد للتخزين في الشبكة من الاستجابة لثلاث متطلبات. فهناك من جهة كون موارد التخزين موزعة على مواقع عديدة، وكونها من أنواع مختلفة ومن إنتاج صانعين مختلفين أيضا. وهناك من جهة ثانية كون المصرّفات متفرقة وكونها ذات بنيات تحتية مختلفة وليدة مختبرات مختلفة وتستعمل تطبيقات مختلفة داخل مجالات استغلال لا يشبه بعضها بعضا. وهناك أخيرا أن للمقاولة أهدافا كبرى تسعى إلى بلوغها فيما تعلق باستغلال معلوماتها استغلالا اقتصاديا، وأن الهندسة التي تعتمدها تلك المقاولة ينبغي لها أن تتكيف بصفة متواصلة مع تطور حاجاتها.

ولا بد لحل هذه المشاكل المعقدة من إدراج مفهوم التخزين الافتراضي:

- فالتطبيقات لا ترى إلا أقراصا افتراضية؛
- ونظام الإدارة الذاتية سيجسد هذه الأقراص الافتراضية عبر اختيار أنسب الموارد من بين تراتبية أدوات التخزين التي توجد تحت تصرفه؛
- سيكون نظام الإدارة الذاتية قادرا على إعادة تنظيم المجال الافتراضي في مواكبة لتطور التطبيقات؛
- سيكون هذا النظام بالإضافة إلى ذلك قادرا على أن يأخذ في الحسبان المتطلبات الاقتصادية التي تعبر عنها المقاولة في صفة قوانين وإجراءات.

التخزين بما هو مادة واسعة الاستهلاك

لا يفتأ تخزين المعلومات يزداد في حياتنا اليومية أهمية وحضورا، إلى درجة جعلته يصبح رويدا من المواد واسعة الاستهلاك.

التخزين حسب الطلب

إن تخزين المعلومات في سبيله إلى أن يصبح من الضرورات الاستهلاكية، وسيأتي قريبا يوم نستهلك فيه التخزين كما نستهلك الكهرباء والهاتف اليوم. بل إن

بعض المقاولات تسند اليوم أمر حفظ المعطيات الخاصة بها وتدبيرها إلى شركات متخصصة. وهذه الخدمات قد امتدت لتشمل الخواص الذين سيمكنهم عبر الإنترنت تخزين معطياتهم عن بعد في أماكن مؤَمَّنة. وتشير التقديرات إلى أنه في مدى خمس سنوات سيكون كل شخص محتاجا إلى ما مقداره مائة مليون أُثمون لتخزين معطياته الخاصة. ونحن اليوم سائرون رويدا نحو التخزين حسب الطلب.

التخزين على الأقراص سيهيمن على تجارة الإلكترونيات الموجهة إلى الجمهور العريض

لقد أصبح حجم الأقراص المغناطيسية من الصغر بالقدر الذي صار معه من الممكن تركيبها في آلة تصوير أو هاتف محمول. ولعل خير شاهد على صغر الحجم هذا القريص الذي أنتجته شركة IBM، والقادر على خزن مليار من الأثمونات في ما يعادل حجم قطعة نقدية، أي ما يقابل ألف صورة ذات دقة عالية، أو ألف رواية من مائتي صفحة، أو ثمان عشرة ساعة من التسجيل الصوتي ذي الأداء الرفيع (hi-fi).

التلفزة الشخصية

هناك مجال آخر من مجالات التطوير هو التلفزة الشخصية. فالتخزين على الأقراص أصبح سعره رخيصا بالقدر الذي يجعله قمينا بولوج البيوت. ويكفي أن نقول إن بعض الإحصاءات سجلت انخفاضا في أسعار التخزين بلغ في بعض الأحيان واحدا بالمائة في كل أسبوع ! وبفضل التلفزة الشخصية سيكون باستطاعة المستهلك أن يخزن على الأسطوانة الصلبة ما يشاء من البرامج السمعية البصرية، فيشاهد منها ما شاء في وقت بثه أو يوقفها أو يحفظها حتى يعود إليها وقتما شاء، خالقا بذلك قناته التلفزيونية الخاصة به.

خاتمة

إن التكنولوجيا المغناطيسية قمينة بتوفير ما ستتطلبه السنوات القادمة من قدرات تخزين هائلة، ومتى جف معين هذه التكنولوجيا، فستأتي أخوات لها كثر ليحملن بعدها المشعل ويواصلن الطريق. ذلك أنه ينبغي لكل تكنولوجيا تتوخى إحراز رضى الصانعين أن تضيف جديدا إلى قدرات الإنجاز، لكن مع الحرص على البقاء في حدود الأسعار الجارية في لمجال.

نحن نتجه نحو تقارب بين التخزين والاتصالات البعدية قوامه الألياف البصرية. والنتيجة ظهور شبكات تخزين متحررة من الإكراهات التي تنجم عن طول المسافات، وكون قسم كبير من تخزين المعلومات سيخص المواد واسعة الاستهلاك.

إن ما تشهده تقنيات التخزين وتقنيات نقل المعطيات عبر الألياف البصرية من تطور سينتج عنه الاتجاه صوب قدرة تخزين وشريطٍ سيار يكادان يكونان غير متناهيين، ولعل في ذلك أهم ما يحتاجه مارد عهد الإعلامٍ لينطلق من عقاله.

إن تقنيات تخزين المعطيات قمينة بتقديم حلول للمشاكل الناجمة عن النمو المتسارع الذي يطبع الإعلام. أما الإشكال الحقيقي التي ينبغي إيجاد حل له اليوم، فهو المتعلق بكيفية استخراج المعرفة التي لنا فيها فائدة مباشرة، من بين هذا الفيض الهائل من المعلومات.

الإنترنت عبر الأقمار الاصطناعية، البروتوكولات والإنجازات[٤]

بقلم وليد دبوس
Walid DABBOUS

لقد شهد البحث في ميدان الشبكات خلال العقد المنصرم تطورا مهما واكب السرعة المذهلة التي انتشر بها نظام إنترنت عبر العالم. ولقد ربح IP رهانه في ضمان اشتغال التكنولوجيات المختلفة بعضها مع بعض، في حين أُنجز عدد كبير من الأبحاث على مستوى الإجراءات والتطبيقات الشبكية.

تشهد الخدمات التي يوفرها إنترنت تطورا مستمرا. وقد مست تلك التطورات من بين ما مست دعامة تجميع الحزم المعدة للإرسال إلى نقاط متعددة في وصل بين المجالات، وكذا دعامة التحكم في الاكتظاظ على الشبكة. وموازاة مع ذلك، فإن تزايد حاجات المستعملين وتوالي التطورات التكنولوجية يضفيان على البنى التحتية في الشبكة وفي الآلات في كل يوم عن سابقه تباينا واختلافا.

سنركز اهتمامنا على التباين الذي يسود على صعيد الشبكة، نظرا لما تتصف به العلائق والشبكات الثانوية التي تكون إنترنت من تباين وتغاير فيما بينها. فهناك الارتباطات من نوع ATM والارتباطات عبر الأقمار الاصطناعية والشبكاتُ المحلية ذات الصبيب المرتفع (سلكية ولاسلكية) والحبال والاتصالات الهاتفية والهاتف الخلوي وغُيرها. وهذه جميعها عبارة عن "شبكات ثانوية" تستعمل تقنيات مختلفة وتوفر خدمات اتصال شديدة الاختلاف فيما بينها فيما تعلق بنوعية الخدمة وسعرها وجاهزيتها. ومرد هذا الاختلاف إلى أسباب تقنية، لكن كذلك إلى أسباب اقتصادية وسياسية.

---

(٤) نص المحاضرة رقم ٢٥٠ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٦ سبتمبر ٢٠٠٠.

تقوم هندسة إنترنت على عدد محدود من المبادئ الأساس، هي التي قـادت تطور الشبكة رغم تباين مكونات هذه الشبكة. ونذكر من بين تلك المبادئ مبـدأي "من طرف إلى طرف" و"IP فوق أي شيء آخر". ويصـف المبـدأ الأول توزيـع المهمات بين الشبكة وأطرافها، أي الحواسيب المرتبطة بها. وينص هذا المبدأ على أن الشبكة يجب أن تكون على أقصى قدر ممكن مـن البسـاطة، وأن لا تقـوم إلا بعملها المتمثل في نقل الرسائل (التي يجري تقطيعها إلى ما يعرف باسم الحـزم أو كتل المعطيات datagrammes)، وأن جميـع الإجـراءات الأخـرى المرتبطـة بالاتصال ينبغي أن تتم خارج الشبكة. ومقاربة "من طرف إلى طرف" – التي تعني أنه من غير الضروري إضافة ذكاء إلى الشبكة، وأنه من الأفضل الإبقاء على ذكاء المستعملين – تتيح أيضا تطور الشبكات بطريقة أبسط، لأن تغيير البروتوكـولات في أطراف الشبكة أيسر من تغييرها في داخلها (بمعنى أن تغييـر برنـامج فـي حاسوب واحد أيسر من تغييره في موزعات الشبكة أو في رابطاتها). كما تتيح هذه المقاربة أيضا تحملا أمثل للأعطاب على مستوى التواصل بين الشبكات، كما تيسر تبسيط موزعات IP التي تسمح بربط الاتصال بين تقنيـات مختلفـة (مـن قبيـل Ethernet وFDDI وx.٢٥ وATM وغيرها)، ناهيك عن أن المبدأ الثـاني فـي هندسة إنترنت ينص على وجوب إدراج الشبكات ذات التقنيات المختلفة في تسلسل منطقي، وذلك عبر فرض قاعدة إجرائية موحدة. ويتيح مبدأ "IP قبـل أي شـيء آخر" تفادي تناسخ الخدمات (كأن يحصل تقابل بين خدمات متماثلة على الشـبكتين المختلفتين) من قِبل الجسور، إذ يكون بروتوكول إنترنت على العكس مـن ذلـك مسيطرا على غيره من البروتوكولات الخاصة بكل واحدة من الشبكات المرتبطة.

التحكم في النقل داخل محيط غير متجانس

من بين بروتوكولات التحكم "من طرف إلى طرف" في الإنترنـت، هنـاك بروتوكول TCP، الذي يتيح ضمان وثوقية النقل بما يستطيع به تحمل التطبيقـات

المختلفة المتعلقة بنقل الملفات والدخول إلى الشبكة وربط الاتصال بآلات بعيدة. وتتضمن قاعدة TCP على وجه الخصوص آليةَ تحَكُّم في الاكتظاظ تقوم على بدء عملية نقل المعطيات ببطء، لتفادي تحميل الشبكة أكثر مما تحتمل. فالمرسل يبدأ ببث رزمة واحدة (نافذة إرسال رزمة واحدة)، ثم يزيد رزمة أخرى كلما جاءته الإشارة التي تخبره أن سابقتها قد وصلت، وهكذا دواليك. فإذا اكتشف النظام أن بعض المعطيات قد ضاعت، فإن النافذة تعود لتسترجع حجمها الأول، حجم رزمة واحدة، وتعاد العملية من بدايتها. أما إذا جاوز امتلاء النافذة حدا معينا، فإنه يجري الانتقال إلى طريقة عمل تمكن من تفادي الاكتظاظ، وتتمثل تلك الطريقة في جعل النافذة تنفتح بسرعة أقل من سرعة الانطلاق الدنيا (والتي هي في حد ذاتها انطلاق سريع، لكنه أبطأ من بث مجموعة كبيرة من الرزم مرة واحدة من قبل المرسل). وحينها، فإن النافذة لن تنفتح عند ورود كل رسالة تخبر بوصول الرزمة السابقة، بل حين تتوصل بما يفيد وصول نافذة كاملة من الرزم إلى وجهتها.

ليس من السهل الاستفادة بطريقة مثلى من قاعدة TCP هذه في محيط يطبع مكوناته التباين الشديد. فبعض الآليات من مثل تلك الخاصة بالتحكم في الاكتظاظ قد صممت على أساس أن ضياع رزمة من الرزم هو علامة من علامات الاكتظاظ، وهو ما لا يصدُق على الاتصالات اللاسلكية ولا على بعض الاتصالات عبر الأقمار الاصطناعية. وتكمن الصعوبة في أن الآليات التي صممت لحل إشكال معين في سياق معين قد تصبح عائقا يحول دون جودة الإنجاز إن هي وضعت في سياق مختلف. فرغم أن البروتوكولات المتعلقة بالطبقات الشبكية وبالنقل عبر إنترنت قد صيغت على أساس هذا المبدأ بالذات لأجل إتاحة التعامل مع أنواع من التكنولوجيات مختلفة عن بعضها شديدَ الاختلاف، فإن بعض الروابط لها من الخصوصيات ما يجعلها تعوق بقدر لا يستهان به جودة إنجاز بروتوكولات إنترنت. ونذكر من بين هذه الخصوصيات على المستوى المادي كما على مستوى الربط: نسبة مرتفعة من أخطاء النقل (حال الارتباطات اللاسلكية)، وكون مهلة

النقل الزمنية طويلة (حال الارتباطات عبر الأقمار الاصطناعية GEO)، وانعدام التماثل أو انتفاء إمكانية الإرسال متعدد الاتجاهات (حال الأقمار الاصطناعية والارتباط عبر الحبل) وكذا وجود وظائف تكرر بعض وظائف الطبقات العليا (حال الهاتف الخلوي وATM وكذا Frame Relay).

تقف هذه الروابط ذات الخصوصيات إذن جميعها عائقا في سبيل تطبيق مبدأ "من طرف إلى طرف" تطبيقا تاما. والمشاكل المترتبة على ذلك عديدة، نذكر من بينها:

- عدم اشتغال بعض البروتوكولات (كما يحدث مثلا في حال ARP وDVMRP وغيرهما من الروابط ذات الوجهة الواحدة).
- انخفاض مستوى إنجاز بعض البروتوكولات (حال TCP وIGMP على ارتباطات ذات مهلة إرسال طويلة أو ذات طول غير ثابت، وكذا TCP على HFC أو xDSL).
- صعوبة تصميم آليات تكييف "من طرف إلى طرف" ملائمة (نظرا للاختلاف الكبير بين خصوصيات الروابط).
- تداخل اشتغال آليات التحكم في الاكتظاظ، وذلك على مستويي الربط والنقل (حال TCP على ATM)
- خلق وضعيات تطابق بين آليات ضمان جودة الخدمات، وذلك على مستوى IP ومستوى الروابط(حال TPC على ATM أو diff-serv على ATM أو على Frame Relay أو IP على الأقمار الاصطناعية).

وقد أجريت أبحاث عدة تبتغي دراسة وقع حاملات النقل الجديدة على اشتغال بروتوكولات إنترنت وعلى جودة مردوديتها، وبخاصة وقع تلك الحاملات على التوزيع البسيط والمتعدد وعلى قواعد النقل الإجرائية وكذا على آليات ضمان

جودة الخدمات. وسنركز اهتمامنا في بقية هذا المقال على ما للروابط التي تعتمد الأقمار الاصطناعية ذات الدارة الثابتة مِن وقعٍ على إنجاز بروتوكولات TCP.

خصوصيات الروابط التي تعتمد الأقمار الاصطناعية

تستعمل الأقمار الاصطناعية اليوم روابطَ في نقل المعطيات بالطريقة الرقمية. ولئن كانت هذه الروابط توفر حاملا "طبيعيا" للبث نحو مستعملين قد يكونون متحركين ومتفرقين ومقيمين جميعا خارج التجمعات الحضرية الكبيرة، فإن لها خصوصيات معينة فيما تعلق بمهلة الإرسال والشريط السيار من شأنها أن تعوق إنجازات TCP. فمقدار المهلة الزمنية اللازمة بين إرسال رزمة معينة واستقبالها عبر الأقمار الاصطناعية ٢٥٠ جزء من ألف من الثانية، وهو مقدار لا يستهان به. وقل الشيء نفسه في جداء الشريط السيار مضروبا في المهلة. فمن جهة، ولكون نسبة الإشارة إلى الضجيج ضعيفة بسبب بعد المسافة (٣٦٠٠٠ كيلومتر للأقمار الاصطناعية ذات الدارة الثابتة)، فقد جرى وضع آليات تشفير جد متقدمة موكل إليها تصحيح الأخطاء. ويكلف هذا النظام غاليا إن شِيءَ استعمال شريط سيار يسمح بالاشتغال دون خطإ تقريبا على موجة Ku. غير أنه من الوارد ألا تكون الأنظمة المستقبلية العاملة على الموجة Ka قادرة على توفير نقل تنعدم فيه الأخطاء بصفة تامة. وتلك خصائص لن تخلو من أثر في إنجازات بروتوكولات TCP. ولنضرب مثلين في ما تتعرض له إنجازات TCP من إعاقة من أثر المهلة الطويلة التي يتطلبها النقل عبر رابط الأقمار الاصطناعية.

يتعلق المثال الأول (انظر الشكل ١) بوقع مقدار جداء الشريط السيار مضروبا في المهلة على معدل الصبيب. لنفرض أن المرسل يتوفر على نافذة سعتها أربع رزم من ألف أُثمون. فإذا كان معدل الصبيب لديه هو مليون أُثمون في الثانية مثلا، فإن بعث الرزم الأربع سيتطلب حوالي ٣٢ جزءا من المائة من الثانية. ومعنى ذلك أنه سيكون عليه انتظار ٢١٨ جزء من الثانية (مع الارتداد

الأرضي) قبل أن يستطيع إرسال رزم أخرى، حتى ولو لم تضع أية رزمة وكانت الشبكة غير مكتظة. وهذا يضعف بشكل كبير معدل صبيب البروتوكولات.

أما المثال الثاني (انظر الشكل ٢)، فيتعلق بوقع مقدار المهلة على زمن الرد بسبب آلية الانطلاق البطيئة. لنفرض أن المرسل والمتلقي مرتبطان بالشبكة عبر رابط أقمار اصطناعية ثنائي الوجهة. فإذا علمنا أن النوافذ لا يمكن تحميلها برزم جديدة إلا بعد تلقي إشارة تفيد أن محتواها السابق قد بلغ وجهته - كما أشرنا إلى ذلك أعلاه - استطعنا تخيل ما سيترتب على ذلك من تأخير في نقل ملف يحتاج نقله إلى تحميل عدد كبير من الرزم.

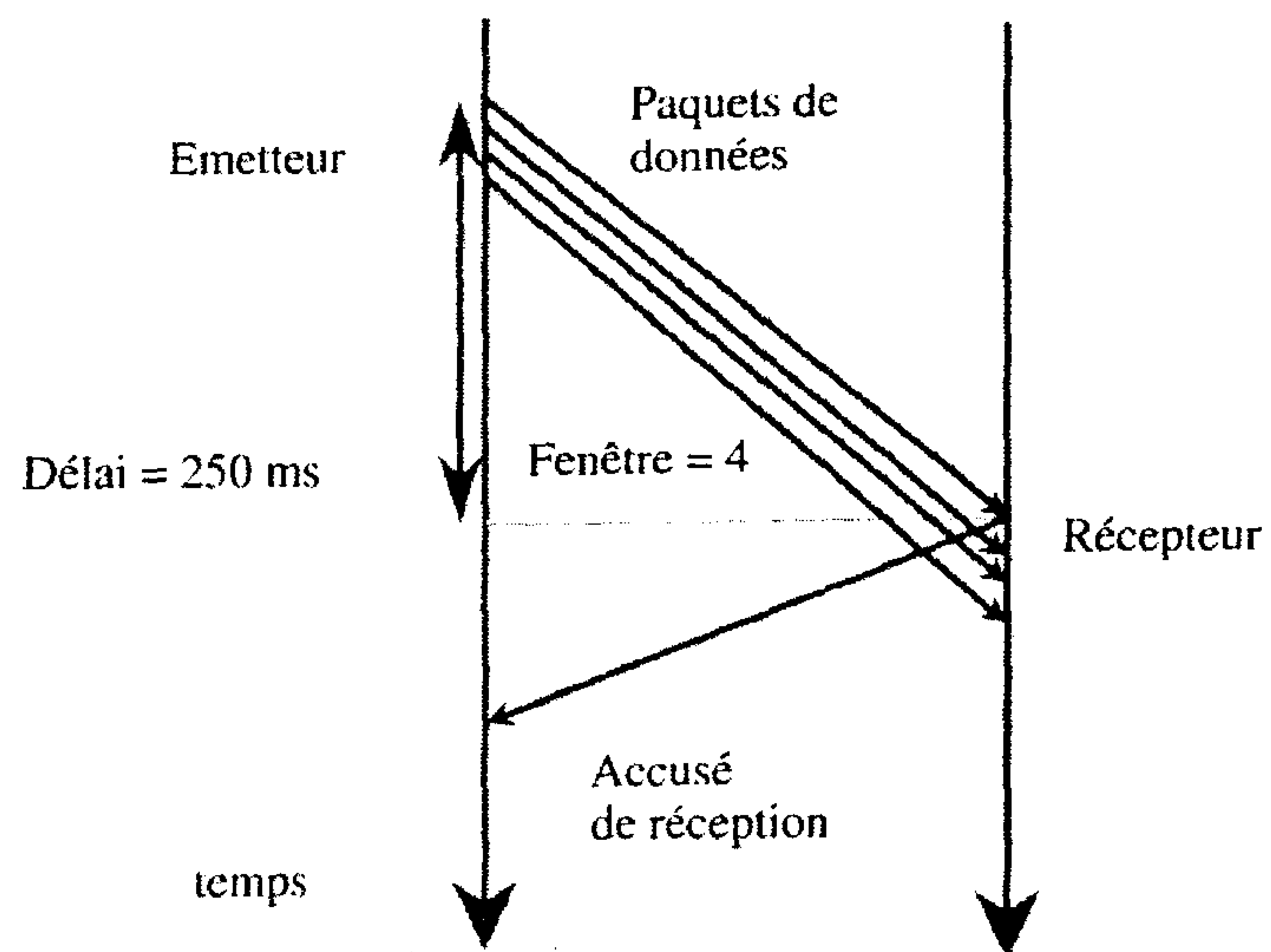
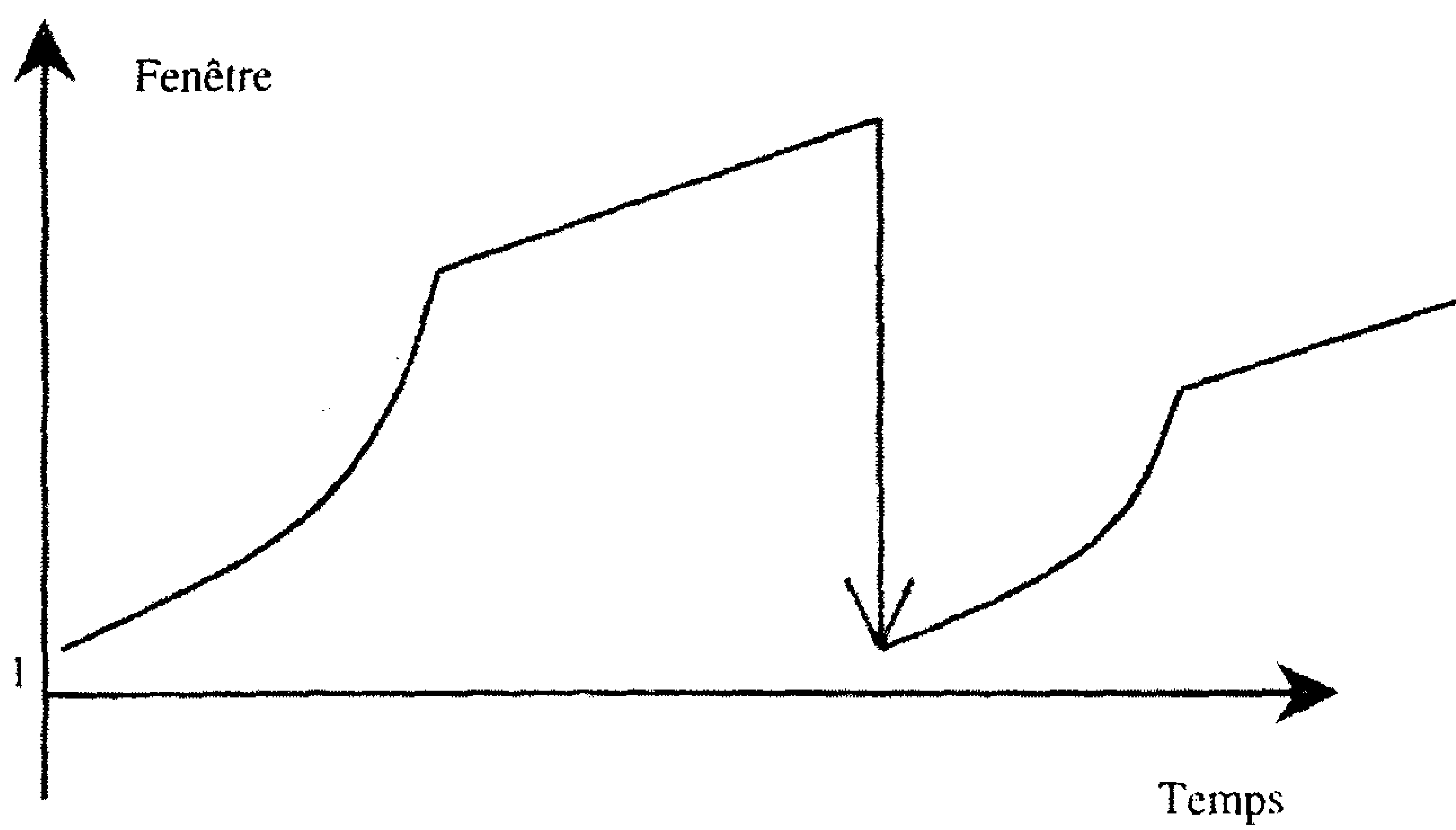
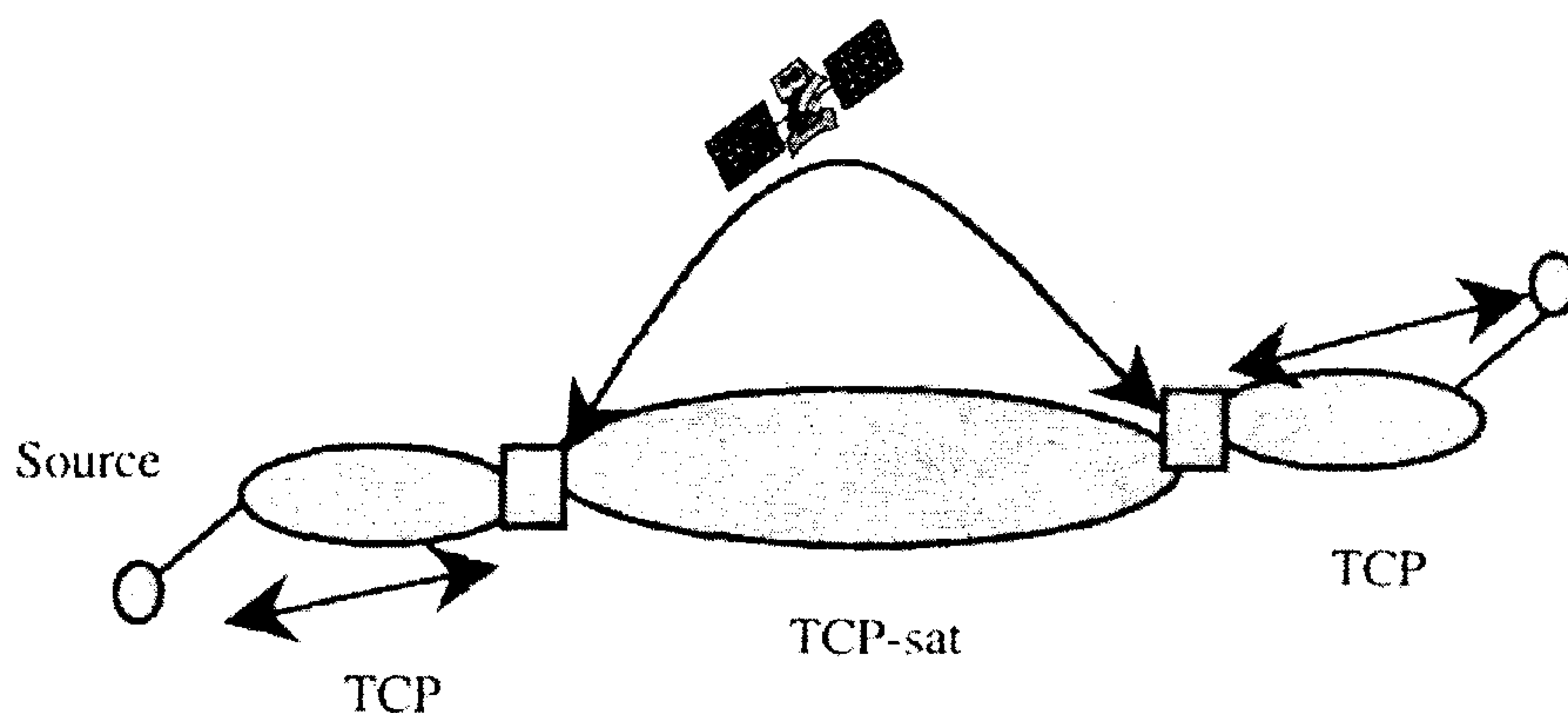

Paquets de
données
Emetteur
Délai = 250 ms
Fenêtre = 4
Récepteur
Accusé
de réception
temps

Figure 1


Fenêtre
1
Temps

لقد أفرد المتخصصون لهذين الإشكالين وغيرهما بحوثا كثيرة، وقدموا لحلها اقتراحات منها على وجه الخصوص إجراء توسعة على بروتوكولات TCP، بما يتيح فتح نوافذ تزداد مع الوقت سعة (التوسعة موصوفة في RFC ١٣٢٣). أما فيما تعلق بالانطلاق البطيء، فكانت الفكرة المقترحة تقوم على فتح نافذة ابتدائية سعتها أكثر من رزمة واحدة، أو تحميل رزم جديدة على النافذة بالاعتماد على عدد الأُثمونات المرسلة لا على عدد الإشارات المخبرة عن بلوغ الرزم إلى وجهتها. وهذه الاقتراحات تمكن جميعها من تحسين إنجازات TCP عبر رابط الأقمار الاصطناعية، لكن من شأنها في الآن ذاته أن تعوق بقدر كبير اشتغال البروتوكول في شبكة غير متجانسة. ذلك ما دفع بالمختصين إلى اقتراح حلول تقوم على تجزئة الارتباط TCP. ومعنى ذلك تقسيم هذا الارتباط إلى ثلاثة أقسام يكون أحدها فوق رابط القمر الصناعي، مع ضبط مناسب للمقومات الحسابية والآليات المستعملة في كل ذلك (شكل ٣).



خاتمة

لقد أنهت مجموعة tcp-over-satellite المنتمية إلى IETF أشغالها منذ ١٩٩٩ دون أن تليها توصيات واضحة ولا نسخة من TCP خاصة بالأقمار الاصطناعية. وخشية من تكاثر نسخ بروتوكولات النقل، فقد عُدت الحلول المقترحة جميعها غير قابلة للاستعمال على امتداد شبكة إنترنت، وجرى اللجوء إلى حلول انتقالية تقوم على استعمال نظام الوكالة (proxy) في النقل. ولا تزال مجموعة العمل pilc تواصل أبحاثها في موضوع وقع خصوصيات الروابط على إنجازات بروتوكولات إنترنت. وبذلك فإن مسألة الاستفادة القصوى من إنجازات TCP على شبكة غير متجانسة، تبقى مسألة مفتوحة للبحث.

مراجع

– BARAKAT (Ch.), ALTMAN (E.) et DABBOUS (W.), « On TCP Performance in a Heterogeneous Network : A Survey », *IEEE Communication Magazine*, Vol. 38, n° 1, p. 40-46, janvier 2000.
– BOLOT (J.) et DABBOUS (W.), « L'Internet : histoire et évolution. Quel avenir prévisible ? » *Administration* n° 175, p. 44-51, avril-juin 1997.
– La page web du groupe de travail pilc de l'IETF : www.*ietf.org/html.charters/pilc-charter.html*.

الرقاقات الإلكترونية والبطاقات ذات الرقاقة(٥)

بقلم رولان مورينو
Roland MORENO

الرقاقة الإلكترونية عبارة عن مربع من السيليسيوم (المادة الوحيدة التي استطاع الإنسان حتى اليوم أن يصنع منها أشباه نواقل semi-conducteurs)، مساحته أصغر من مساحة ظفر خنصر اليد، مع عدد من الأرجل الصغيرة التي يذكر مرآها بمنظر برغوث، وهو ما أعطاها في الفرنسية اسمها الشهير puce. ولمن شاء أن يكون فكرة عما مثله ظهور الرقاقة من ثورة، أن ينظر في الإنترنت الذي يُعد أوضح مظهر لما يثوي هناك من إمكانات. فحيثما وليت وجهك تجد معالِجات صُغرية، أي أشكالا من الذكاء. أما أنا، فما زدت على أن اخترعت الرقاقة الإلكترونية.

أما الرقاقات الأحيائية biopuces، فليست سوى ثمرة من ثمرات خيال الصحفيين الخصب، إذ لا تجد منها واحدة تعمل. أما كبار الصانعين العالميين، من مثل Intel أو Texas Instrument، فلا يشتغلون عليها. فهي تختلف شديد الاختلاف عن الدارات المدمجة.

إن الاختلاف بين الذاكرة الإلكترونية والذاكرة الإنسانية اختلاف مدهش. فما السر في الصعوبة الجمة التي تعترض سبيل الحفظ، وما السبب في عجز الإنسان عن أن ينسى ما شاء بمجرد الرغبة في نسيانه؟ أنا اليوم مثلا أرتدي سترة صفراء، ولو أنك شئت غدا أن تمحو هذه الصورة من ذاكرتك لما استطعت إلى ذلك سبيلا. فالإرادة والذاكرة لا تلتقيان، وليس هناك من سبيل إلى جعل هذه تنفذ ما تريده تلك.

---

(٥) نص المحاضرة رقم ٢٥١ التي ألقيت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٧ سبتمبر ٢٠٠٠.

أما الذاكرة الاصطناعية، فأبسط أنواعها ورقة بيضاء أو لوح زجاج يعلو صفحته بخار مكثف. فهذه وتلك تحفظ ما يكتب عليها. وهي ذاكرات يسهل محو ما تحفظه، إذ يكفي لذلك أن تمرر عليها قطعة قماش أو رأس ممحاة كي تذهب المعلومات التي كانت عليها فكأنها لم تكن.

وليست الذاكرة البشرية من ذلك كله في شيء. فالذاكرة البشرية لا نهاية ولا حدود لها. فأنت اليوم تذهب إلى دار السينما لتشاهد شريطا حكي قصة مغامرات، فتدخل قاعة العرض وأنت تحمل في ذاكرتك كل ذكرياتك السابقة، فإذا خرجت خرجت وقد أضفت إلى ذكرياتك قصة الشريط الذي شاهدت لتوك عرضه، دون أن ينتقص ذلك شيئا مما سبقها من ذكريات.

أما الذاكرات الاصطناعية فمحدودة لأن مساحتها محدودة. فشريط فيديو على سبيل المثال لن يتحمل ثانية تصوير واحدة زائدة متى امتلأ عن آخره.

هذا الاندهاش هو ما دفعني إلى البحث عن وسيلة تمكنني من صنع ذاكرة تكون لها خصائص الذاكرة البشرية، وعدم قابليتها للانمحاء، ذاكرة تسجل ما ينطبع عليها فلا يضيع منها بعد ذلك أبدا. وذلك لعمري ثبات يهيم به أهل المعلوميات عشقا.

إذا كان عنواني مسجلا على بطاقتي الشخصية ثم غيرت محل إقامتي، فإنه يكفي إضافة العنوان الجديد، دون الاضطرار إلى محو سابقه. أما في الواقع اليومي، فإن بطاقة الهاتف من فئة خمسين وحدة مثلا لا يمكن إعادة ملئها. وكل وحدة من الوحدات المسجلة عليها تمثل نقطة ذاكرة.

فإذا علمنا أن مساحة رقاقة واحدة لا تكفي لأكثر من بضع أثمونات، فكيف السبيل إلى تحقيق وظيفة مثل هذه الوظيفة؟

تتدرج العملية على أكثر من مائة خطوة، تبدأ من قرص من مادة السيليسيوم يجري حفره على ما يقارب مائة مرحلة، حفرا دقيقا لا يجاوز الجزء الواحد من

الألف من الميليمتر. يجري بعد ذلك تحفيز الرقاقة باستعمال مواد نادرة كالبور والفوسفور والإثمد والزرنيخ، ثم تحفر ممرات وتقام لها حواجز حامية بعلو جزء من مليون من الميليمتر، فنحصل بعد ذلك على ذاكرة أو بتعبير أصح على معالج صُغري قادر على التصرف بذكاء، أي على إنجاز ترجمات آلية والتعرف على الأشكال.

ولا تمثل البطاقات ذات الرقاقة في المشهد الذي نستعرضه سوى حيز يسير لا يجاوز واحدا على عشرة آلاف من الاستعمالات التي تدخل فيها اليوم تقنية الإلكترونيات الصُّغريةmicroélectronique، لكنها رغم ذلك تحتل مساحة كبيرة في حياتنا اليومية، على شكل بطائق مصرفية وهاتفية وتلفزيونية وغيرها.

والحق أن هذا الاستعمال اليومي المكثف يعد سابقة في تاريخ الصناعة، وذلك لكون هذه البطاقات لا تختلف مظهريا عن بعضها في شيء، كما يختلف على سبيل المثال الشريط اللاصق الذي أستعمله أنا في ربط حذائي عن مثيل الذي تستعمله أنت في ربط حزام معطفك.

فالبطاقة المصرفية هي محدد للهوية لا يحمل معلومات بل يحمل مالا. والبطاقة صعبة الصنع معقدته، لا يمكن تزويرها ولا تزييفها، إذ إنها تحمل شيئين يعدان من أولى أولوياتنا، هما هويتنا وما نملكه من مال.

يجري التعرف على الهوية بفضل شفرة من أربعة أرقام، فإذا تلقت الرقاقة الإذن بالاشتغال، فإنها تبدأ بإيضاح هوية حاملها، من نحو هويته المصرفية RIB مثلا.

يطالب الكثير من الناس ببطاقة هوية أو بطاقة ناخب مجهزة برقاقة إلكترونية. فيما يخص الأولى، فإن هناك ميثاقا التزمت بموجبه سبع عشرة دولة في العالم بأن لا تكون المعلومات المتعلقة بالحالة المدنية غير مقروءة بالعين البشرية المجردة دونما حاجة إلى أية آلة. والحق أن عدم الالتزام بهذا المبدأ من شأنه أن

يؤدي بنا إلى وضعية نكون فيها حاملين في جيوبنا أسرارا تتعلق بنا لسنا قادرين على قراءتها ومراجعتها وقتما شئنا. (استعمال فكرة "كالحمار يحمل أسرارا"؟). أما فيما تعلق بالبطاقة الانتخابية، فالديمقراطية اليوم مكسب قديم قدما يجعل من غير اللائق إردافه باختراع يعود إلى السبعينات فحسب. ثم ما الفائدة التي سنجنيها من ذلك إن نحن فعلنا؟

لنعد إلى البطاقة ذات الرقاقة فنقول إنها تتلخص إذن في وظيفتين هما الهوية والمال.

والبطاقة ذات الرقاقة هي حتى اليوم مجهولة في الولايات المتحدة الأمريكية، رغم مضي ست وعشرين سنة على اختراعها. والحال أن الأمريكيين هم اليوم من يصنعون أشياء لا يجادل أحد في المكانة التي تحتلها في حياة البشر، كالبولارويد وسراويل الجينز وماكينتوش وحبوب منع الحمل وحفاظات الحيض الداخلية والفياغرا وغير ذلك كثير. فالتحولات الكبرى هي اليوم جميعا أمريكية، والتقدم كله يأتي من أمريكا، ومن اليابان بدرجة أقل (تقنيات التصوير خصوصا)، ومن ألمانيا بدرجة أقل بكثير.

وفي مقابل ذلك، فإن البطاقة ذات الرقاقة قد غزت اليابان وأوروبا الشمالية والشرق الأوسط وأمريكا اللاتينية. ولا تزال فرنسا تحتفظ بالريادة في هذا المجال خمسة وعشرين ألف استعمال مباشر مرتبط بهذه البطاقة. أما رائدة صناعة البطائق ذات الرقاقة في فرنسا، ونعني شركة Gem plus المستقرة في مرسيليا، فإنها تصدر إلى الخارج ما يبلغ ٨٥ بالمائة من مجموع رقم معاملاتها. وتأتي ألمانيا غير بعيد خلف فرنسا، بحافظة نقود ذات رقاقة جرى توزيع ستين مليون نسخة منها عبر البلاد. أما الصين، فإن فيها أربعة معامل لشركة Schlumberger تعمل في صناعة البطائق ذات الرقاقة.

إن البطاقة ذات الرقاقة أداة نافعة لطيفة، تضطلع بدور هام في نظامنا الاقتصادي، لكنها ليست لعبة ولا هي بالعصا السحرية. وهي تضطلع بوظائف لا تستطيع تأديتها حوامل أخرى من نحو المسارات المغناطيسية.

لقد أضحى Minitel اليوم جزءا من الماضي، لكننا نذكر له فضله في تيسير بيداغوجية المعلوميات، كما نذكر أنه كان موعدا للبطاقة ذات الرقاقة مع التاريخ، أخطأته البطاقة لأن الصناعة لم تستجب كما كان ينبغي لها أن تفعل. فلقد كان بالإمكان أن يجري أداء رسوم Minitel باستعمال البطاقة ذات الرقاقة. ولقد كان اللجوء إلى نظام ٣٦١٥ ذي السعر الباهظ (٣٠ فرنكا فرنسيا للساعة الواحدة) خطأ فاحشا. ولولا ذلك لكان بالإمكان اليوم أن يجري الربط (الجامع بين الاتصال عن بعد والبطاقة ذات الرقاقة) عبر الإنترنت. ولا عبرة بما قد يشوب ذلك ساعتئذ من حالات الغش في رقم البطاقة. ولو حصل ذلك لعاد على التجارة الإلكترونية بنفع عميم.

ستنتهي خصوصية رخصي يوم ١٣ سبتمبر من عام ٢٠٠٠، وتدخل تلك الرخص انطلاقا من هذا التاريخ مجال الملكية العمومية. وإني لأخشى أن يستحوذ الأمريكيون على اختراعي استحواذا ويتبنوه تبنيا. لكن هل سيكون الربح المادي هو الدافع إلى ذلك؟ لا أعتقد أن الأمر كذلك. ولنضرب مثلا بطاقة هاتفية من فئة خمسين فرنكا. فالبطاقة نفسها تكلف فرنكين اثنين، وتنفق عليها ثلاثة فرنكات إشهارا، ويربح فيها البائع فرنكين ونصف الفرنك، بينما يتلقى المخترع أربعة سنتيمات عن كل بطاقة. لهذا يبدو أن المسألة تعود إلى عقدة NIH، اختصارا لعبارة no invented here (لم يصنع ههنا). فلو كنت أنا إيطاليا ما استطعت أن أجعل فكرة البطاقة ذات الرقاقة تغزو الأسواق الفرنسية. لقد فتحت لي الحكومة الفرنسية ذراعيها لأنني فرنسي، وللسبب نفسه أبدت المصارف الفرنسية جميعها موافقتها على استعمال اختراعي غداة ظهر هذا الاختراع. لعلكم تعرفون الوصفة الشهيرة التي أدلى بها Thomas Edison حين قال عن الاختراع إن عشرة في

المائة منه هي إلهام في حين أن التسعين الباقية عرق خالص. ولو أتيح لي أن أضيف شيئا لما قاله المخترع الكبير لأضفت إن للحظ في ذلك كله نصيبا وافرا. فلولا أنني، في صبيحة اليوم الذي انقدحت في عشيته الفكرة في ذهني، التقيت بأحد الصيارفة الكبار، فلربما لم أكن في أمسيتنا هذه جالسا أتحدث بين أيديكم.

إن من الخطإ عدم التمييز بين البطاقة ذات الرقاقة والذاكرة المعلومياتية. فهذه ليس لها أنظمة وقاية تحميها، في حين أن البطاقة ذات الرقاقة تتصف بحمايتها لسرية المعلومات (استعمال الشفرة المرقمة) وباستحالة محو المعلومات المحفوظة فيها.

في شهر مارس الماضي، استطاع مهندس فرنسي خداع النظام الأمني المصرفي فزور بطاقة ذات رقاقة اشترى بواسطتها تذاكر مترو. وغداة عرف الأمر نشرته جريدة Libération في مقال عنوانه "البطاقة ذات الرقاقة لم تكن حصنا منيعا كما كان يقال". ولم يكن ذلك صحيحا البتة، ولقد أعلنت عن تخصيص مليون فرنك لمن يستطيع قراءة الشفرة السرية في إحدى البطائق أو كتابة معلومة واحدة في المناطق التي تحميها اختراعاتي، فلم يستطع ذلك أحد.

تقنيات التشفير ومسألة الأمن المعلومياتي: من حرب الشفرات إلى التجارة الإلكترونية(٦)

بقلم جاك ستيرن

Jacques STERN

التشفير هو فن السرية، وموضوعه هو مجموعة الوسائل التي تتيح ضمان ما يمكن تسميته ثلاثية هذا الفن المقدسة: السلامة والشرعية والسرية. وينقسم فن التشفير إلى قسمين، أولهما التشفير ذاته (cryptographie)، ويشمل التقنيات التي تعنى بضمان استمرار هذه الوظائف، وثانيهما التحليل (cryptanalyse)، الذي يهدف إلى التغلب على تقنيات الحماية الجديدة التي يجري التوصل إليها. وقد أتى على فن التشفير ردح من الزمن كان ينظر إليه فيه بصفته فنا لا أسس نظرية عميقة له، وحلبة يتبارى على صعيدها مشفرون مهرة ومحللون لا يقلون عنهم مهارة. ثم جاءت نهاية القرن التاسع عشر، فشرع هذا الفن يتحول تدريجيا إلى جملة من التقنيات المبنينة أساسا حسب نموذج عسكري. وحين انصرم من القرن العشرين ثلاثة أرباعه، أصبح الفن بين عشية وضحاها علما قائما بذاته، وذلك عندما تعين عليه الاستجابة لمتطلبات عصرِ معلوماتٍ كان لا يزال ساعتئذ في طور المخاض. وكان من شأن جوابه الذي جاء في صفة مفارقات أن أخرجه من ردهات مكاتب القيادات العسكرية المظلمة الصامتة إلى باحة البحث العلمي الفيحاء. واليوم فإن جهود الباحثين فيه لم تعد تقتصر على ميدان تشفير الرسائل لضمان سريتها، بل جاوزته لتلامس ميادين كمسألة الشرعية في محيط رمزي لا وجود فيه لأي شكل من أشكال الوجود المادي، ومسألة توقيع وثائق رقمية غير ذات ماهية مادية، ومسألة الحفاظ على سلامة المعطيات داخل شبكات مفتوحة في مواجهة القراصنة المعلومياتيين.

---

(٦) نص المحاضرة رقم ٢٥٢ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٨ سبتمبر ٢٠٠٠.

كان فن التشفير، منذ القرون الوسطى وإلى عهد النهضة، يعتمد في إخفائه محتوى نص معين على سلسلة من العمليات البسيطة، تقوم على الاستبدال والتبديل. ويعني الأول استبدال حروف أخرى بحروف النص الأصل حسب قواعد معينة، في حين يعني الثاني تغيير ترتيب الحروف في الكلمة الواحدة. وبطبيعة الحال، فإن الأمر كان يستدعي أن يحافظ الشركاء على سرية القواعد المتبعة، علاوة على أن محدودية القدرات البشرية كانت تحد إلى درجة كبيرة من تعقيد سلسلة العمليات التي تقوم عليها الشفرة. وقد جرى في بعض المرات اللجوء إلى أدوات، من قبيل تلك التي صنعها المهندس الفلورنسي الكبير Alberti ليستعملها دبلوماسيو السفارات الكنسية. كان الأمر يتعلق بأداة على شكل مزولة بميناءين أحدهما ثابت والثاني متحرك، مما يتيح القيام بعملية استبدال آلية يستبدل فيها كل حرف من حروف الرسالة برمز متفق عليه. وجرى كذلك اعتماد أشكال أخرى من الاستبدال جاوزت الحروف المفردة لتطال مجموعات كاملة من الحروف تزيد أو تنقص طولا، معتمدة في ذلك على شفرات مرتبة ومبوبة على شكل معاجم بمدخلين. وسعيا إلى جعل مهمة محللي الشفرات على أكبر قدر ممكن من الصعوبة، جرى اللجوء أيضا في بعض الحالات إلى "التشفير الفائق" (surchiffrement) المتمثل في مزاوجة النص المشفر بالرموز المتتالية المتضمنة في كتاب، يحتفظ بعنوانه سرا.

ثم جاء يوم تغير فيه كل شيء، يوم ولد "التشفير العسكري"، كما دعاه Auguste Kerckhoffs في عنوان كتابه الصادر في أواخر القرن التاسع عشر. ويعلن كتاب Kerckhoffs بوضوح عن المتطلبات الإجرائية التي يقتضيها التشفير: متطلبات أمان، ولكن كذلك متطلبات بساطة وسرعة. وقد كان لهذا الرجل السبق في القول إنه ينبغي ألا يُخشى من وقوع آلية التشفير – أي تلك التي تتيح الانتقال من النص الواضح إلى النص المشفر – في يد العدو، وهو ما يقضي باستبعاد المعاجم المبوبة التي جرى الحديث عليها. فالأمان لا يمكن أن يتحقق إلا إذا جرى،

في لحظة التشفير بالذات، إدخال شفرة سرية تدعى المفتاح. ويتيح هذا المفتاح المكون من سلسلة معينة من الأرقام أيضا فك الشفرة، أي إنجاز العملية المتمثلة في العودة من النص المشفر إلى النص الواضح. وفي مقابل ذلك، فإن عملية التحليل التي تهدف إلى فك رموز الشفرة من أجل الحصول على النص الواضح دون استعمال المفتاح، ينبغي لها أن تكون مستحيلة "من الناحية العملية إن لم تكن مستحيلة رياضيا"، كما يقول Kerckhoffs.

ما بين إعلان مبادئ Kerckhoffs وظهور الآلات المشفرة، انصرمت بضع عشرات من السنين شهدت تقدما تقنيا كبيرا. وقد ظهرت فيما بين الحربين آلات كهرميكانيكية مثل Hagelin أو Enigma، وهي آلات تقوم على مبدأ الأجزاء الدوارة، إذ تعمل – بواسطة أسطوانات وفي بعضها بواسطة نقاط تماس كهربائي – على تشفير النصوص عبر عمليات استبدال أشد تعقيدا بكثير مما كانت تتيحه الوسائل التقليدية. فالعدو يجد نفسه أمام مئات الملايين من التركيبات الممكنة، والقيادات العسكرية العليا مطمئنة إلى بقاء مراسلاتها الاستراتيجية في حمى من أعين الأعداء. لكن تلك القيادات كانت على خطإ، إذ جمعت الحكومة البريطانية عام ١٩٣٩، في ضاحية Bletchely Park اللندنية، فريقا كبيرا من العلماء اهتموا جميعا بمعالجة الشفرات الألمانية في محاولة حلها. وكان بينهم عالم التركيبات المنطقية Alan Turign الذي كان قد قدم في أطروحته المنشورة عام ١٩٣٦ وصفا تقعيديا مسبقا لفكرة الحاسبة، وهو ما عرف باسم "آلة Turign"، مما مكنه من تقديم حل سلبي لمسألة القرار (problème de la décision) الشهيرة باسم Enstcheidungsproblem التي وضعها العالم الرياضي David Hilbert. فما حلت سنة ١٩٤١ حتى كان الحلفاء يقرؤون الرسائل الألمانية المشفرة دون صعوبة تذكر.

بذلك دخل فن التشفير عهد المعلوميات حتى قبل أن يبدأ هذا العهد. فقد استدعى فك شفرات Enigma بناء آلات متخصصة، وقد كان Turign نفسه هو

من جاء بفكرة بناء الآلة المعروفة باسم Colossus، التي تعمل بطريقة إلكترونية، والتي مكنت الحلفاء قبيل نهاية الحرب من فك رموز آلات مشفرة جديدة كان الجيش الألماني قد أدخلها إلى الاستعمال، ونعني آلة Lorenz. أما عالم الرياضيات الأمريكي Claude Shannon الذي كان من جهته يُخضع للتفكير مسألة الفارق بين ما هو "مستحيل عمليا"، وما هو "مستبعد رياضيا"، فقد توصل إلى نتيجة مخيبة للآمال، مفادها أن الأمن التام لا يتحقق إلا إذا كان طول المفتاح مساويا على الأقل لطول النص المراد تشفيره. واستخلص من ذلك أن أقصى ما يمكن أن يطمح إليه المرء – في إطار إجرائي لا يمكن أن يكون عدد رموز المفتاح فيه إلا محدودا – هو تحقيق حد معين من الأمان يتجاوز إن أمكن ذلك ما لدى الخصم من إمكانات حسابية. وانطلاقا من منظور يرى في آليات التشفير عمليات تحويل ترميزية، أي مجموعة من الخوارزميات، أرسى Shannon في ١٩٤٩ مبادئ تشتيت المعطيات وتجميعها (diffusion et confusion des données)، وهي المبادئ التي تجعل تلك الخوارزميات قادرة على مقاومة محاولات حل الشفرات، إذ تكون الوضعية المثالية وضعية لا يستطيع العدو فيها سوى أن يجرّب على التتالي كل تركيبات المفتاح الممكنة. ومع ظهور الحاسوب، مكنت هذه الخوارزميات من وضع برامج معلومياتية قادرة على إنجازها بسرعة تزداد يوما عن يوم.

ولقد كانت مبادئ Shannon هي الأساس الذي قامت عليه الخوارزمية المعروفة تحت اسم DES (اختصارا لعبارة Data Encryption Standard)، وهي قاعدة تشفير أمريكية جرى تبنيها في ١٩٧٦ استجابة لطلب مدني صادر بالأساس عن القطاع المصرفي. وقد اعتمدت هذه الخوارزمية – التي يمكن أن تُعد فاصلة مطولة في تاريخ تقنيات التشفير – سلسلةً من ٥٦ بتّة، أي ٥٦ رمزا قيمة كل منها ١ أو ٠. وهي تشتغل على رزم من ٦٤ وحدة، مما يعني ضرورة تقسيم كل نص يجاوز عدد وحداته هذا القدر إلى رزم متتالية. أما التشفير والحل فلهما بنيتان متشابهتان، وهما يستعملان المفتاح ذاته، ويقوم كل منهما على تكرار سلسلة من

ست عشرة مرحلة، يجري فيها إنجاز عمليتي التشتيت والتجميع عبر تبديلات بسيطة بما يكفي لكي يكون وقت إنجازها قصيرا جدا، لكنها في الآن ذاته دقيقة بما يكفي لجعل إحصائيات الخصم غير قادرة على فك ألغازها. ولقد أبان نظام DES في هذا المجال عن قدرات مدهشة سيكون لنا فيها حديث. أما ما يمكن مؤاخذته عليه، فهو كونه اختار مفاتيح سرية من ست وخمسين بتّة، أي اثنين وسبعين مليون مليار تركيبة ممكنة ! ولئن بدا هذا الرقم مدهشا، فإنه كان منذ الثمانينات في متناول حواسيب NSA، وكالة الأمن الأمريكية التي كانت هي نفسها من فرض أن يكون طول المفاتيح على ما هو عليه.

تسعى خوارزميات التشفير من قبيل DES أساسا إلى ضمان السرية، غير أن ذلك لا يعني أنها عاجزة عن إنجاز وظائف تشفيرية أخرى. ففي نظام IFF (اختصارا لعبارة Identification Freinds and Foes، أي "تَعَرُّفُ الصديق من العدو") المستعمل في الحرب الجوية مثلا، يجري بعث رسالة مشفرة مختارة عن طريق الصدفة عبر إشارة الرادار، ثم يُتبين، من قدرة الطائرة المجهولة على فك رموزها سريعا، ما إذا كانت الطائرة لصديق أم لعدو. غير أن التشفير التقليدي يبقى رغم ذلك عاجزا عن حل مشكلتين رئيستين. أما أولاهما، فمردها إلى طبيعة هذا الفن التماثلية، إذ ما هي الإجراءات التي ينبغي اتباعها للاتفاق على مفتاح سري مشترك؟ هناك بطبيعة الحال حلول تنظيمية، وبخاصة عند العسكريين، لكنها غير قابلة للتطبيق في شبكات واسعة مفتوحة من قبيل إنترنت. أما المشكلة الثانية، فتتعلق بضمان شرعية المعطيات، إذ ما الشكل الذي سيتخذه التوقيع مثلا في العالم الرقمي؟ يقدم نظام IFF الحل، أو لنقل إنه كاد يفعل، لأنه يرتطم هنا أيضا بالمشكلة الناجمة عن خاصية التماثلية في التشفير. فبعث رسالة ومعها رموزها المشفرة هي حقا عملية لا يستطيع شخص غريب أن يعيد القيام بها إذا لم يكن لديه المفتاح السري، بيد أن التحقق من صحة التوقيع يتطلب التوفر على هذا المفتاح نفسه، مما يفتح الباب واسعا أمام التزوير.

ولحل هاتين المشكلتين معا في آن، يتعين الدخول في مسعى يتسم بالمفارقة، والتسليم بأن من الممكن الدفع بمنطق Kerckhoffs إلى أبعد حدوده والقول بأنه "ينبغي أن لا ينجم عن وقوع مفتاح التشفير في يد العدو ضير". ذاك ما فعله الباحثان الأمريكيان Whitfield Diffie و Martin Hellman في ١٩٧٦، حيث يشير هذان الباحثان في مقال لهما نشر آنذاك تحت عنوان New Direction in Cryptography إلى أن عملية فك الشفرات هي وحدها التي ينبغي أن يتحكم فيها مفتاح سري، أما عملية التشفير، فلا ضير في أن يكون مفتاحها معروفا لدى الجميع، شريطة أن لا يكون في المفتاح المعروف ما يمكن أن يساعد على استنباط نظيره السري. وتدعى هذه التقنية بالتشفير اللانظيري، في مقابل آليات التشفير التقليدية القائمة على التماثل. وتمكن هذه الفكرة طرفين من تبادل مراسلات بطريقة سرية دون أن يستدعي ذلك منهما تبادل أية معلومة سرية مسبقا، مما يحل مشكل توزيع المفاتيح. لكن Diffie و Hellman انتبها إلى أنها تمكن أيضا من حل مشكل التوقيع، أي المتعلق بشرعية المعلومات. فيكفي المرسل أن يقرن برسالته نتيجة الخوارزمية التي تقود إلى فك الشفرة كي يتأكد المتلقي من أنه يتوفر على مفتاح الحل. أما التحقق من صحة التوقيع، فلا يتطلب حينذاك سوى المفتاح العمومي المقابل له.

غير أن المخترعين الأمريكيين لم يتوصلا إلى اقتراح نظام تشفير متكامل قائم على استعمال مفتاح عمومي، بل كان ثلاثة من الباحثين العاملين في معهد MIT، هم Roland Rivest و Adi Shamir و Leonard Adleman هم من طبقوا أفكارهما تطبيقا فعليا. وفي عام ١٩٧٨، تقدم الباحثون الثلاثة بآلية جديدة دعيت باسم RSA المتكون من الأحرف الأولى في أسمائهم. وتعتمد هذه الآلية على شعبة من شعب الرياضيات، هي نظرية الأعداد، وبالذات على الأشغال التي أنجزها في هذا المجال، خلال القرن التاسع عشر، الرياضي الألماني الشهير Carl Friedrich Gauss. ولوصف العمليات المتبعة، ينبغي الرجوع إلى العمليات الحسابية عند

التلاميذ، ثم اسبدال ما يدعي بحساب "معيار ع" (modulo n) بهذه العمليات، حيث يُستبدل بنتيجة كل عمليةٍ حاصلُ قسمة تلك النتيجة على العدد n. فمثلا، في حساب modulo 77`، فإن حاصل ضرب ١٢ في ١٠ هو ٤٣، أي الباقي من قســمة ١٢٠ (حاصل الضرب الحقيقي) على ٧٧. ويتكون المفتاح العمومي في نظام RSA من عدد صحيح كبير جدا يدعى المعيار module، ويرمز إليه بحرف n، ومن عــدد صغير يدعى الدليل exposant، ويرمز إليه بحرف e، فتكون قيمة e مثلا هــي ٣ وقيمــــــــــــــــــــــــــة n هــــــــــــــــــــــــــــي

١٠٩٤١٧٣٨٦٤١٥٧٠٥٢٧٤٢١٨٠٩٧٠٧٣٢٢٠٤٠٣٥٧٦١٢٠٠٣٧٣٢٩٤٥٤٤
٩٢٠٥٩٩٠٩١٣٨٤٢١٣١٤٧٦٣٤٩٩٨٤٢٨٨٩٣٤٧٨٤٧١٧٩٩٧٢٥٧٨٩١٢٦٧
٣٣٢٤٩٧٦٢٥٧٥٨٩٩٧٨١٨٣٣١٩١٠٧٦٥٣٧٢٤٤٠٢٧١٤٦٧٤٣٥٣١٥٩٣٣٥
٤٣٣٣٨٩٧

العدد n هو جداء ضــرب عــددين صــحيحين أولــين همــا الضــارب p والمضروب q (نذكّر بأن كونهما أولين يعني أن كليهما لا يقبل القسمة سوى علــى نفسه وعلى ١). وينطبق تشفير RSA على رسالة m تُكَوِّن عددا صحيحا أصــغر من العدد n، ويجري حساب الرمز المشفر حسب القاعدة التالية:

c = m(exposant e) modulo n

ويكون فك رموز التشفير حينذاك رهينا بالقدرة على حل المعادلة التالية:

x(exposant e) = c modulo n

وتبين نظرية الأعداد أن ذلك ممكن بالنسبة إلى من يعرف العددين p وq.

من الطبيعي أن يتساءل المرء عما إذا كان نظام التشفير RSA بالفعل غيــر قابل للاختراق. فهو يقوم على افتراض أنه من الصعب جدا إعادة تحليل العــدد n للحصول على العددين الأولين اللذين يكونانه. وهي فرضية متحققة فــي الدرجــة التي بلغتها معلوماتنا الحالية، شريطة أن يكون العدد n كبيرا بما يكفي. ولنشر في

هذا الصدد إلى أن العدد الذي سقناه مثلا، وهو يتكون من ١٥٥ عدد عشـــري، أي ما يعادل ٥١٢ بتّة، ليس كبيرا بما يكفي، إذ استطاعت مجموعة من العلمـــاء مـــن أنحاء العالم عام ١٩٩٩، تدعمهم مجموعة كبيرة من الحواسيب، البرهنة علـــى أن هذا الرقم هو جداء العدد

١٠٢٦٣٩٥٩٢٨٢٩٧٤١١٠٥٧٧٢٠٥٤١٩٦٥٧٣٩٩١٦٧٥٩٠٠٧١٦٥٦٧٨٠٨٠
٣٨٠٦٦٨٠٣٣٤١٩٣٣٥٢١٧٩٠٧١١٣٠٧٧٧٩

مضروبا في العدد

١٠٦٦٠٣٤٨٨٣٨٠١٦٨٤٥٤٨٢٠٩٢٧٢٢٠٣٦٠٠١٢٨٧٨٦٧٩٢٠٧٩٥٨٥٧٥٩
٨٩٢٩١٥٢٢٢٧٠٦٠٨٢٣٧١٩٣٠٦٢٨٠٨٦٤٣

هذا هو الرقم القياسي الحالي. ولعلم القراء، فإن هناك أعدادا أخرى يُحـــتفظ بالعددين اللذين يكونان كلا منها سريين، وهي مطروحة على شكل مســـابقة علـــى شبكة إنترنت. وذلك ما يستدعي استعمال مفاتيح من حجـــم ٧٦٨ بتّـــة، أو حتـــى ١٠٢٤ إن أمكن. وقد يبلغ حجم المفتاح ٢٠٤٨ بتّة إذا شـــيءَ للحمايـــة أن تكـــون طويلة الأمد.

لقد غير اكتشاف Diffie وHellman من شأن عالم فـــن التشـــفير المغلـــق تغييرا كليا بإدخاله التنظير عليه. ذلك أنهما ما إن فعلا حتى أصبح التشفير ميـــدان بحث مفتوحا، تعمل في إطاره مجموعة منظمة مـــن العلمـــاء لا يفتـــأ أعضـــاؤها يزدادون عددا. ولما كان من المستحيل ذكر كل المحاولات التي قام بهـــا علمـــاء التشفير المعاصرون، فإننا سنكتفي بذكر أهمها. لقد كان السؤال الطبيعي الذي تـــلا ظهور نظام RSA هو سؤال البديل، ولذلك انصب اهتمام البـــاحثين علـــى إيجـــاد معادلات لا يستطيع التوصل إلى حلها أحد، وبخاصة المعادلة التالية:

y = g(exposant x) modulo p

حيث يكون المجهول هو x، وحيث يكون العدد p عددا أوليا وكبيرا جدا. ويتعلق الأمر هنا بالمسألة المعروفة باسم "الخوارزمية المنفصلة"، ومنطوقها ينسحب في الواقع على إطار أوسع، يشمل بنيات حسابية أشد تعقيدا يبدو أن لها تطبيقات واعدة في مجال التشفير، ونعني "المنحنيات الإهليجية". فالاعتماد على صعوبة حل الخوارزمية المنفصلة لا يؤدي مباشرة إلى نظام تشفير مماثل لنظام RSA، لكنه يمكّن من حل المشكلتين اللتين كانتا وراء توصل العالمين Diffie وHellman إلى اكتشاف هذا النظام. ولقد برهن هذان العالمان على ذلك عبر توزيع المفاتيح: فإذا كان هناك طرفان يتبادلان رسائل مشفرة هي g(exposant a) modulo p وg(exposant b) modulo p ويحتفظان بالعددين a وb سريين، فإنهما سيتوفران حينها على كمية مقدارها g(exposant ab) modulo p، لا يستطيع الكشف عنها غريب. وتتيح هذه الطريقة تحديد خوارزميات توقيع - سواء في إطار التشفير "التقليدي" أم في ميدان المنحنيات الإهليلجية - جرى اعتماد واحدة منها في الولايات المتحدة عام ١٩٩١ تحت اسم DSA (اختصارا لعبارة Digital Signature Algorithm، أي "خوارزمية التوقيع الرقمي"). غير أن بناءها أعقد بكثير من سابقتها، علاوة على أنه هو أيضا يمر عبر مفارقة. فنظام DSA هو وليد الأبحاث التي أجريت على مسألة zero knowledge (الدرجة صفر من المعرفة) التي تسعى إلى الإجابة على السؤال التالي: هل يمكنني أن أثبت أنني أعرف حل المعادلة التالية:

y = g(exposant x) modulo p

دون أن أكون مضطرا لأجل ذلك إلى الإدلاء بأدنى معلومة عن ذلك الحل؟ الجواب على هذا السؤال، مهما يبدُ ذلك غريبا، هو نعم، والحل يتيح المصادقة كما يتيح التوقيع.

على أن العلماء لم يتخلوا عن التشفير التقليدي. وهكذا رأت النور طريقتا تشفير تستندان إلى خوارزمية DES، تعرف أولاهما باسم التشفير التحليلي

التبايني، وتعرف الثانية باسم التشفير التحليلي الخطي. وهما تعتمدان معا على دراسة إحصائية دقيقة لانتقال بعض الخاصيات من الواضح إلى المرموز، وتقتضيان الحصول على كميات كبيرة من الثنائيات واضح/مرموز، وهو ما يجعل منهما أداتَي تقييم لبناء أنظمة تقليدية جديدة أكثر منهما وسيلتَي هجوم. والحق أن نظام DES سائر إلى زوال. فقد نجحت جمعية غير ذات هدف مادي، هي جمعية EFF (اختصارا لعبارة Electronic Frontier Foundation)، نجحت عام ١٩٩٨ في بناء آلة كلفت ٢٥٠٠٠٠ دولارا، قادرة على حل خوارزميات من هذا النوع في أقل من أسبوع واحد ! وهذا يعني أنه ينبغي زيادة طول المفاتيح المستعملة والتفكير في خوارزميات تستعمل مفاتيح من ١٢٨ بتّة وما فوق. لقد ولى زمن DES، وقد كان النظام البديل عنه، نظام AES (اختصارا لعبارة Advanced Encryption Standard) موضوعا لطلب عروض دولي اشترك فيه كثير من أعضاء المجتمع العلمي، وفازت به في الأخير خوارزمية من اقتراح باحث بلجيكي.

يمكن الحديث اليوم إذن عن "ثقافة تشفيرية"، تعتمد أساسا على البحوث الأكاديمية، لكنها تنتشر بشكل واسع خارج المختبرات، وبخاصة في الميدان الصناعي. فقد أدى ظهور إنترنت – وهي الشبكة العالمية التي لا يتعذر دخولها على أحد – إلى ازدياد الحاجة إلى التشفير بشكل كبير. فهندسة إنترنت ذاتها تجعله ضعيفا لا يمتنع على معتدٍ، إذ إن الرزم التي تنتقل عبر الشبكة حسب بروتوكولات IP لا تتمتع بأدنى حماية. بل إن عناوين IP التي يضبطها نظام DNS (اختصارا لعبارة Domain Name Servers)، ليست في أمان من عبث العابثين. ولا يخلو نظام من أنظمة الاستغلال الأخرى، وبخاصة أكثرها انتشارا بين المستعملين، من عيوب فيما تعلق بالأمان. والنتيجة قائمة طويلة من الأخطار، من تَنَصُّتٍ على الرزم المرسلة (sniffing) واستبدال (spoofing) وقرصنة عناوين DNS ورفض للخدمات وتدخل غير مرغوب فيه ونشر البرامج المسببة للأضرار كالفيروسات وما شابهها. ومن الخطإ الاعتقاد أن بمقدور التشفير إيجاد حل لكل هذه المسائل، إذ

إنه لا يزيد على أن يعرض خدمات أمان لم يعد لأحد عنها غنى. وهو لا يدعي الحلول محل الوسائل التقليدية – القائمة على التحكم في الدخول، وتدبير "امتيازات" المستعملين أو البرامج، وعزل الشبكة المحلية عن طريق "أسوار نارية"، وإخضاع الرزم المرسلة عبر IP للمراقبة والترشيح وغير ذلك – بل هو يكمل هذه الوسائل ويدعمها.

تعتمد مختلف ضوابط الأمان المتوفرة – بالنسبة إلى البريد الإلكتروني أو جلسات الاتصال عبر الشبكة العالمية (SSL, Secure Socket Layer) أو IP نفسه (IPSec) – مجموعة من الوسائل الحديثة، من مصادقة وتوقيع وتبادل لمفتاح متفق عليه وتشفير موازٍ. وقد نجم عن ذلك أن خرجت إلى الوجود مئات الملايين من مفاتيح RSA، فأصبح المشكل مشكل تدبير ذلك الكم الهائل منها. فغني عن القول أنه لا أمان يرتجى من استعمال تشفير RSA إذا كانت المفاتيح ستبقى مخزنة في قرص صلب لا يتمتع بالحماية الكافية، فكأنها ملقاة على قارعة الطريق. وتضع البطاقة ذات المعالج الصُغري في هذا المجال بين أيدي المستعملين حلا ناجعا وذا سعر معقول في الآن نفسه، شريطة أن تبقى المفاتيح دائما في الرقاقة، لأن وضع تلك المفاتيح في ذاكرة الحاسوب الحية يعرضها للخطر. وكما قد بينت التجربة، فإن الأخطاء الممكن الوقوع فيها عند الصنع أو التركيب عديدة، مما يعني أن عملية وضع برامج التشفير ينبغي أن تخضع لعناية فائقة.

غير أن هناك مشكلة تظل قائمة، هي المتعلقة بكيفية ربط مفتاح RSA بمالكه الشرعي. يجيب التشفير بحل بسيط: يكفي توقيع المعلومات ومعها المفتاح بمفتاح جديد أكثر تعقيدا من سابقه، ثم توقيع هذا مع المعلومات بمفتاح جديد وهلم جرا، حتى نبلغ مستوى من التراتبية يكون فيه المفتاح معروفا لدى الجميع، مثلما هو الحال مع مستعملي إنترنت مثلا. وتكون سلسلة المفاتيح هذه ما يسمى الشهادة certificat. غير أن الواقع العملي ليس بهذه البساطة. فما الذي يتعين علي عمله مثلا إن أنا فقدت الرقاقة التي تحمل مفتاحي السري؟ واضح أنه من الضروري

إرساء بنية تحتية كاملة تكون وظيفتها تدبير دورة حياة المفتاح من يوم ميلاده إلى يوم انتهاء صلاحيته، مرورا بالاستبعاد إذا حدث استبعاد. ويستدعي هذا الأخير تحيين معينات معطيات تتضمن لوائح بالمفاتيح التي جرى استبعادها. هناك إذا تقنية جديدة ينبغي اختراعها، هي تقنية PKI (اختصارا لعبارة Public Key Infrastructures)، وهي بنيات ينبغي الإسراع بإقامتها، وينبغي أن يصحبها نشر أوسع لثقافة التشفير.

هل معنى هذا أن البحث في هذا المجال قد انسد بابه؟ كلا، بل إنه على العكس من ذلك يواجه تحديات جديدة. فما تزال هناك مسألة إيجاد بديل عن مفاتيح RSA لا يستند إلى نظرية الأعداد، كما لا يزال مشكل آخر مطروحا، هو مشكل "براهين الأمان". والخلاصة أنه لا يزال ينبغي التوسع في فكرة "ما هو مستحيل عمليا، إن لم يكن مستحيلا رياضيا" التي ورثناها عن Kerckhoffs، وذلك عبر ضبط مستوى الأمان ضبطا دقيقا بواسطة البراهين والحساب الرياضي. كما أن هناك مجالا آخر من مجالات البحث، هو مسألة وضع خوارزميات لاتماثلية، لا تتطلب إمكانيات حسابية كبيرة، وتكون بذلك أكثر ملاءمة للأنظمة ذات القدرة الضعيفة من مثل البطاقات ذات الرقاقة التي تعمل دون تماس (sans contact). كما أن إنترنت، له نصيبه من المشاكل الجديدة، إذ كيف يمكن مثلا تأمين عمليات المزايدة التي تجري عبر الشبكة أو عمليات التصويت الإلكتروني، وكيف السبيل إلى تأمين سرية بعض المعلومات الحساسة، وبخاصة ما كان منها طبيا؟ يمكن القول إن استعمال التشفير يضحي أمرا حتميا ما إن تكون هناك عملية رمزية من الممكن أن يتدخل طرف ثالث لتحويل وجهتها، والحال أن مثل هذه العمليات كثيرة جدا في عالم إنترنت الافتراضي. فالتشفير لم يعد وسيلة تحصل بها دولة من الدول أو منظمة من المنظمات على امتياز أو سبق استراتيجي، بل أضحى عبارة عن مجموعة من الوسائل القمينة بتمكين كل واحد منا من حماية مبادلاته في عصر الإعلام. وهو بذلك لم يعد يقتصر على كونه علم السر فحسب، بل أصبح علم الثقة كذلك.

مراجع

– DIFFIE (W.) et HELLMAN (M. E.), « New Directions in Cryptography », *IEEE Transactions on Information Theory*, v. IT-22, n° 6, nov. 1976, p. 644-654.

– KAHN (D.), *La Guerre des codes secrets : des hiéroglyphes à l'ordinateur*, Paris, InterÉditions, 1980.

– MENEZES (A. J.), VAN OORSCHOT (P. C.) et VANSTONE (S. A.), *Hanbdook of Applied Cryptography*, New York, CRC Press, 1997.

– RIVEST (R.), SHAMIR (A.) et ADLEMAN (L. M.), « A Method for Obtaining Digital Signatures and Public Key Cryptosystems », *Communications of the ACM*, v. 21, n° 2, feb 1978, p. 120-126.

– SCHNEIER (B.), *Applied Cryptography*, 2nd edition, New York, John Wiley & Sons, 1996.

– STERN (J.), *La Science du secret*, Paris, Odile Jacob, 1997.

– STINSON (D.), *Cryptographie, théorie et pratique*, Paris, Thomson Publishing France, 1996.

معالجة الصور بالطريقة الرقمية، واستعراض الصور بالحاسوب[٧]

بقلم أوليڤييه فوچرا
Olivier FAUGERAS

تشتمل لفظة "صورة" على معان عديدة متنوعة. فأنت تقول "صورة طبيعية"، وتعني صورة مأخوذة عن العالم الذي نعيش فيه، وتقول "صورة مركبة"، وتعني صورا أنتجها برنامج حاسوب دون أن يكون المنظر الذي تعبر عنه نابعا بالضرورة من الواقع، وتقول - أخيرا وليس آخرا - صورة طبية، وتقصد تمثيلا مصورا للجسم البشري، يحصل عليه الطبيب بواسطة وسيلة من وسائل الاستكشاف الطبية، كالصدى المغناطيسي (IRM) وما شابهه.

والصور التي نراها اليوم هي في غالبيتها العظمى صور رقمية، أي أن المقومات الحسابية التي تخضع لها هذه الصور، من زمن وإحداثيات مكانية وقوة إضاءة وألوان، قد فُرض عليها أن لا تتخذ قيمتها إلا في داخل مجموعات من الأرقام الصحيحة. وتتيح هذه الطريقة الكمية تمثيلَ الصور - دون ضياع أية معلومات - على شكل جداول من الأعداد يمكن إجراء عمليات حسابية عليها. وبما أن الجداول تكون كبيرة جدا، فإن إجراء تلك العمليات عليها يتطلب مساعدة حاسوب. ودخل الحاسوب ميدان الصورة، فكان ذلك إيذانا بميلاد الصورة الرقمية وتقنيات معالجتها.

ويمكن تصنيف تقنيات المعالجة هذه بشكل عام إلى مجموعتين. فإذا نتجت عن العمليات الحسابية صورة جديدة ذات نوعية أجود من الصورة الأصل حسب

---

(٧) نص المحاضرة رقم ٢٥٣ التى القيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٩ سبتمبر ٢٠٠٠.

معايير معينة لتقييم النوعية، كان ذلك تحسينا للصورة أو ترميما لها. أما إذا كان الهدف من العمليات هو استخراج معلومة معينة من الصورة قصد إنجاز مهمة أو اتخاذ قرار، فإن الأمر يتعلق حينئذ بتحليل الصورة.

لمحة تاريخية

يمكن القول، من وجهة النظر التاريخية، إن معالجة الصور وتحليلها ولدا معا في الولايات المتحدة الأمريكية خلال الستينات من القرن المنصرم، بدفع من العسكريين في ذلك البلد. وقد كانت وجهة النظر التي انطلق منها الباحثون برغماتية عملية خالصة ("يجب أن تنجح المعالجة، وأن تحل المسألة الموكل إلى حلُّها")، كما كان منطلقهم في بعض الأحيان ساذجا، من نحو ما وقع للباحث Marvin Minski، الأستاذ في معهد MIT، الذي يقال إنه أسند إلى مجموعة من الطلبة العاطلين مهمة إيجاد حل حسابي لمسألة الصورة (كيف يمكن أن نحسب، بطريقة آلية، البنيةَ ثلاثية الأبعاد التي يقوم عليها منظر معين، انطلاقا من بعض الصور عن ذلك المنظر). وغني عن القول إن الطلبة قد فشلوا في مهمتهم تلك، بدليل أن المسألة إياها لا تزال إلى يومنا هذا مطروحة على أوسع نطاق.

وقد بقي الوضع على ما كان عليه إلى حدود الثمانينات، حين تغير فجأة مع قدوم شخصية متميزة بل استثنائية، ونعني David Marr، طبيب الأعصاب وعالم الرياضيات البريطاني، الذي استدعاه Marvin Minski نفسه ليشتغل في معهد MIT، حيث بادر بالعمل على وضع برنامج بحث بالحاسوب توقف العمل فيه لسوء الحظ بسبب الموت الذي اختطف هذا الباحث الكبير مبكرا. وقد كانت إحدى أهم الأفكار التي أتى بها Marr هي أن الإبصار الأحيائي، وبالتالي الإبصار الإنساني هو في حقيقته عملية هدفها تمثيل الأوجه التي نراها من الأشياء المحيطة بنا تمثيلا يظهرها بأبعادها الثلاثة.

قد تبدو هذه الفكرة تبسيطية بعض الشيء، لكنها كانت في واقع الأمر غنية بما تنفتح عليه من إمكانات، إذ أتاحت تحديد برنامج بحث واضح، هدفه التوصل إلى فهم جيد ودقيق للطريقة التي يجري بها بناء ذلك التمثيل. غير أن هذه الفكرة ما كانت لتكون بذلك القدر من الغنى والخصوبة لو لم تدعمها فكرتان أخريان مكنتا من بناء منهجية تتيح بلوغ هذا الهدف.

أما أولاهما، فهي الفكرة التي مؤداها أن الإبصار كما يعرفه Marr هو في حقيقة الأمر مسألة تتعلق بمعالجة المعلومات، يمكن دراستها في استقلال تام – إن جاز التعبير – عن الجهاز الذي ينجزها، لأن الحاسوب والحيوان إنما يقومان عند إنجازها بالعمل نفسه. وأما ثانية الفكرتين، فتقوم على الاختزال، إذ تعتبر أن الوظائف البصرية المختلفة – من إبصار بالألوان والمواد والحركة والمسافة وغيرها – هي كلها عمليات مستقلة عن بعضها استقلالا يكاد يكون تاما، مما يعني أنه من الممكن دراسة كل منها على حدة. ونحن نعلم اليوم أن هذا الحكم تقريبي، غير أن ذلك لا ينفي كونه مكن من تحقيق تقدم ملموس في مجال معرفتنا بالإبصار.

انطلاقا من هذا المقدمات، يقترح David Marr أن يراعى في البحث تمييز ثلاثة مستويات. أما أولها، فمستوى النظرية الحسابية، حيث تبنى نظرية الآلية البصرية التي تتناولها الدراسة، وحيث يجري تحليل المعادلات التي تصف تلك الآلية والقيود التي تميزها. وأما المستوى الثاني فهو مستوى الدراسة الخوارزمية، حيث يجري العمل على بناء التمثلات والمخططات الرقمية والخوارزميات التي تتيح بالفعل حل المعادلات المقترحة في المستوى الأول. وأما المستوى الثالث فهو مستوى تطبيق تلك الخوارزميات تطبيقا ماديا عمليا، حيث ينبغي أن توضح بدقة طريقة بناء تلك التمثلات وإجراء تلك العمليات الحسابية، سواء في حاسوب أم في شبكية أم في دماغ.

فيما عدا مساهمة David Marr، لا جدال اليوم في أن الفضل في التقدم الكبير الذي شهدته معرفتنا بالآليات الأحيائية والحسابية التي تصاحب عملية

الإبصار يعود إلى ما قدمته لنا شعبتان من شعب العلوم، هما الرياضيات والمعلوميات. فقد وفرت الأولى أدوات تحليل دقيقة، كالهندسة الجبرية ونظريتها التماثلية ونظرية المعادلات ذات المشتقات الجزئية، مكنت - كما الشأن في العلوم الفيزيائية - من بناء نظريات حسابية لعدد كبير من الوظائف البصرية. أما المعلوميات، فقد قدمت نظرياتها في تَمَثُّل المعطيات والخوارزميات وتحليل بنياتها المعقدة، وقدمت أدواتها البرمجية وطرائق تركيبها القائمة على المعالِجات الصُغرية القادرة على التعامل مع بنيات حسابية غير تقليدية.

وسأضرب في هذا المجال مثلين أعتقد أنهما يوضحان مقدار مساهمة هذين العلمين في توسيع دائرة معارفنا عن عملية الإبصار، أولهما من الهندسة والثاني من حساب التغيرات.

الهندسة والإبصار عن طريق الحاسوب

أولى Felix Klein، وهو رياضي ألماني من أواخر القرن التاسع عشر، اهتماما كبيرا لخاصيات الأشكال الهندسية التي لا تتغير - والمعروفة لأجل ذلك باسم الأشكال الثابتة - حين يجري إدخال تغيير عليها. والتغيير قد يكون على شكل تحريك (من نحو الحركة الدائرية أو الانتقالية) كما قد يكون أعقد من ذلك. ومن أهم المفاهيم في هذا المجال مفهوم مجموعات التغييرات، الذي يمكن من إعطاء معنى للربط التسلسلي بين مجموعة متتالية من التغييرات. وتشكل عمليات التحريك مجموعة تغييرات فيما بينها، لكن هناك مجموعات أكبر، من مثل مجموعات التماثل (*affine*) والإسقاط (*projectif*) تضطلع بدور كبير في عملية الإبصار عن طريق الحاسوب. وقد طور Felix Klein في عام ١٨٧٢، وهو بعد لا يزال أستاذا شابا في جامعة Erlangen، فكرة مؤداها أن أهم خاصيات الأشكال الهندسية هي تلك التي تبقى ثابتة تحت مفعول مجموعة واحدة. وفي مقابل ذلك، فإن كل كمية ثابتة في شكل هندسي معين هي خاصية مهمة من خاصيات ذلك الشكل الهندسية.

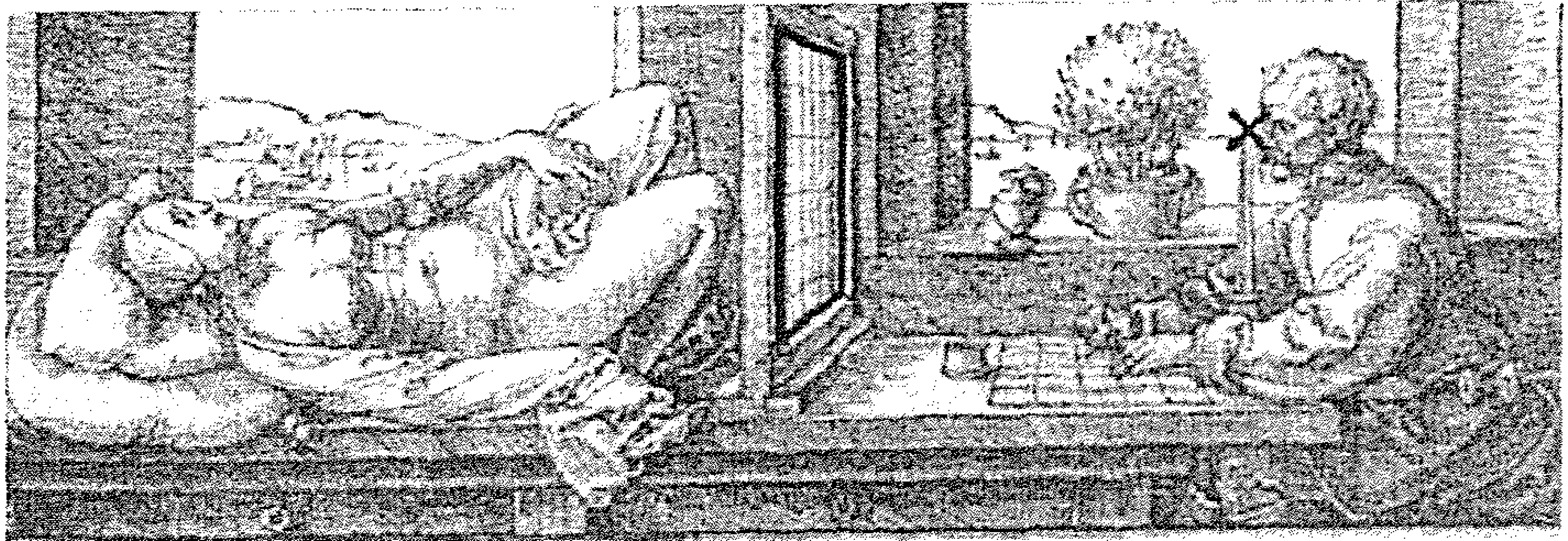
وبذلك انصب "برنامج Erlangen"، كما يدعى اليوم، على استكشاف هذه العلاقة القائمة بين مجموعات التغييرات والخاصيات الثابتة في الأشكال الهندسية استكشافا منهجيا. وقد حقق هذا البرنامج نجاحا في مجال الرياضيات بطبيعة الحال، ولكن كذلك في مجال الفيزياء، حيث أتاح ظهور تأويلات جديدة لقوانين ثبات الخاصيات الفيزيائية، وحيث انتهى به الأمر إلى غزو فروع هذا العلم جميعها تقريبا.

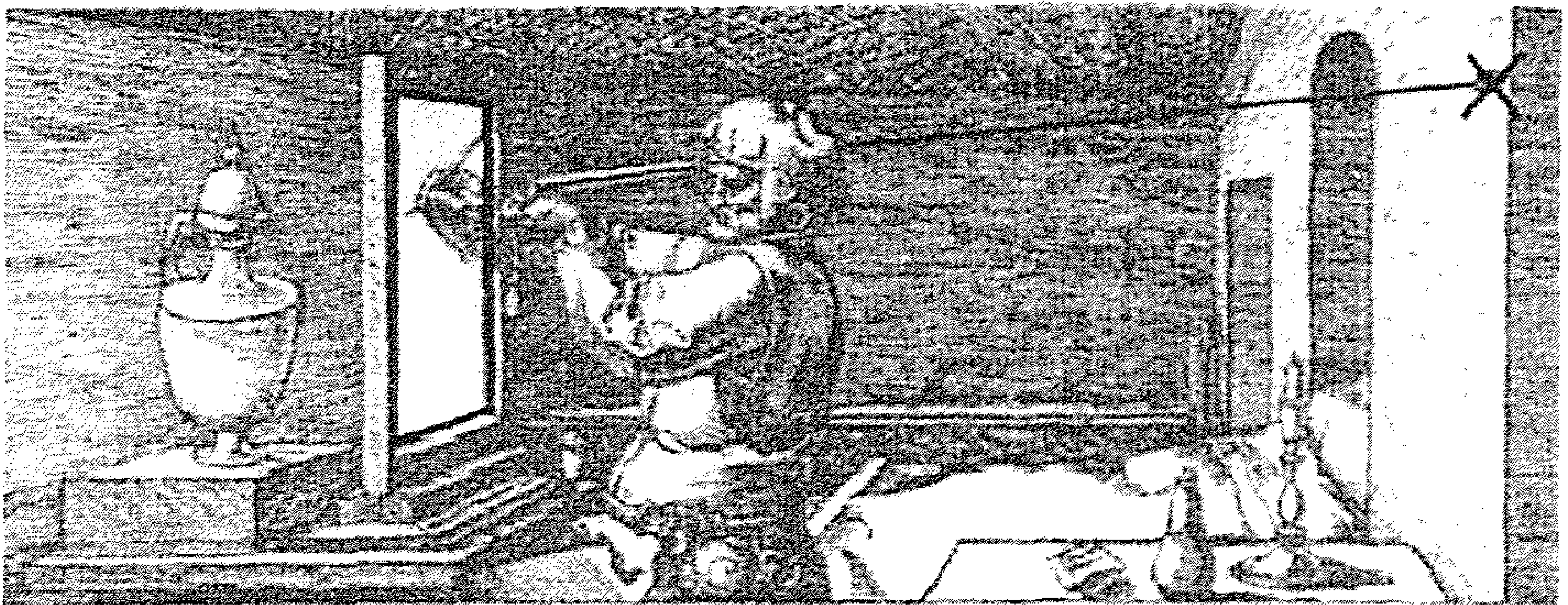
ويعود نجاح هذا البرنامج في مجال الإبصار عن طريق الحاسوب إلى كون الكاميرا آلة إسقاطية، بمعنى أنها تقوم بعملية إسقاطٍ للفضاء ثلاثي الأبعاد على صفحة الشبكية التي ليس لها أكثر من بعدين اثنين. ويجد القارئ صورة عن هذه الملاحظة في الشكل ١ الذي توضح فيه لوحات من رسم Albrecht Dürer كيف يحاول أحد الرسامين، بالاعتماد على وسيلة مادية – هي النموذج الموضوع أمامه – العمل مع احترام قوانين الرئاية (perspective) التي كان اكتشافها آنذاك حديث العهد. ويستعمل الشكل الحديث من ذلك النموذج الهندسة الإسقاطية التي تتيح تمييز نوعين من الضوابط الحسابية (paramètres)، أولهما تحدد وضعية الكاميرا واتجاهها في الفضاء، وتدعى الضوابط الخارجية، وثانيتها تحدد الطريقة التي جرى بها فتل الصورة الخارجة من الكاميرا، وتدعى الضوابط الداخلية. وهذه الضوابط جميعها تكون في غالب الأحوال مجهولة، ويمثل تقدير قيمتها أحد المشاكل التي تعترض سبيل كثير من التطبيقات.

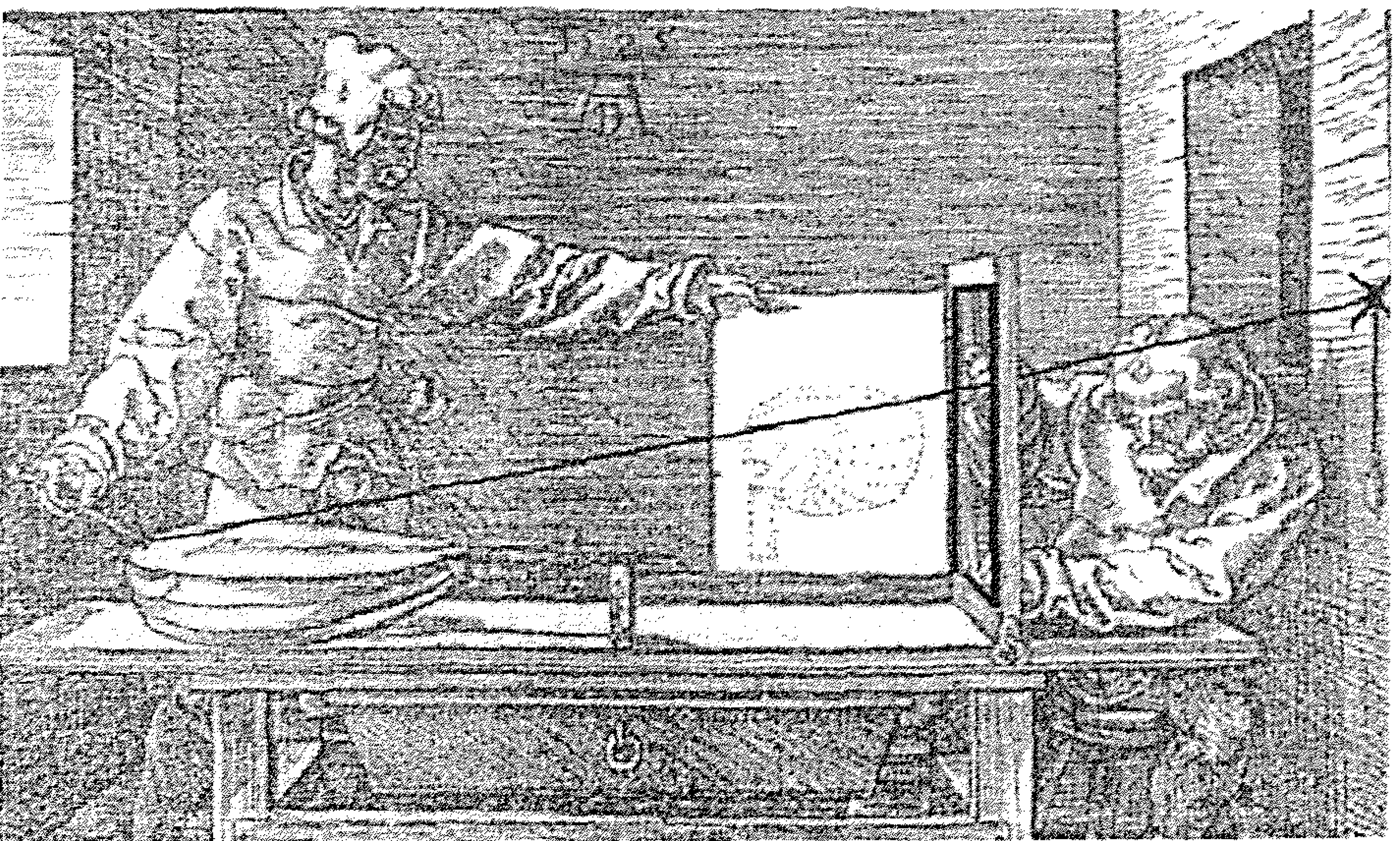
تتمثل الطريقة التقليدية لتحقيق هذا التقدير – طريقة التصوير المسامي الضوئي – في استعمال شبكة معيارية، أي نموذجا ذا شكل هندسي معروف. فانطلاقا من الانفتال الذي يعرض لصورة هذا الشكل المعروف يمكن استنباط الضوابط الداخلية الخاصة بالكاميرا. غير أن هذه الطريقة صعبة، بل إن استعمالها مستحيل مع بعض التطبيقات من قبيل الواقع المزيد (réalité augmentée). وتتمثل إحدى مساهمات الباحثين في مجال الإبصار عن طريق الحاسوب في كونهم لاحظوا أن من الممكن قياس الضابط الداخلي في الكاميرا مباشرة من

الصورة المحصل عليها، دونما حاجة إلى الشبكة المعيارية، وذلك باستعمال نموذج رياضي خالص، هو عبارة عن دائرة ذات شعاع وهمي يقع على السطح ويمتد إلى ما لا نهاية. وتدعى الدائرة باسم السُرة (ombilic)، أما الصورة التي تحصل عليها الكاميرا من تلك الدائرة، فهي شكل مخروطي وهمي هو أيضا، تـرتبط ضـوابطه بشكل بسيط جدا بضوابط الكاميرا. وبما أن السرة الافتراضية موجودة فـي كـل مكان، فلا ضرورة هناك تدعو إلى استعمال أي شبكة معيارية.

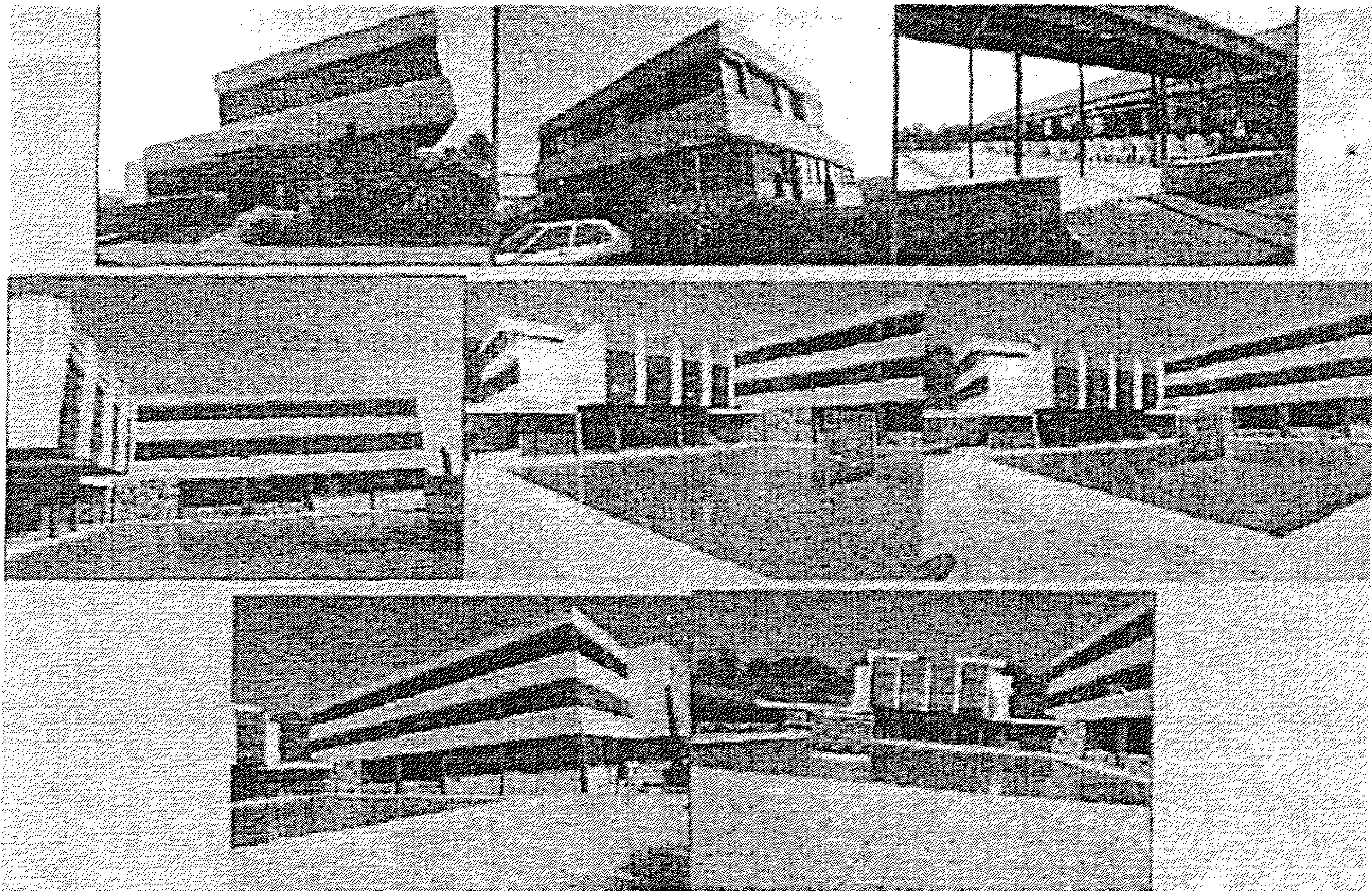
ولنضرب في ذلك مثلا. فالشكل ٢ يبين بضع صور أخذت لمركز البحـوث INRIA Sphia-Antipolis بواسطة آلة تصوير. ولم يكن أي من ضـوابط الآلـة معروفا ساعة أن استخدمت لأخذ تلك الصور، غير أنه أمكن حساب تلك الضوابط بدقة بفضل استعمال السرة شبكةً معيارية. فمتى عرفت تلك الضوابط، أمكن تحديد بنية المنظر الثلاثية بوسائل من النوع المجسّـمي (stéréoscopique)، فالحصـول على نموذج هندسي منه. حينذاك يجري إغناء النموذج انطلاقا من الصـور التـي استعملت في حساب أبعاده، للحصول على الصورة التي يبينها الشـكل ٣، والتـي تجمع بين الشكل الهندسي وقوة الإضاءة ومادة العناصر التي تكون المنظر.

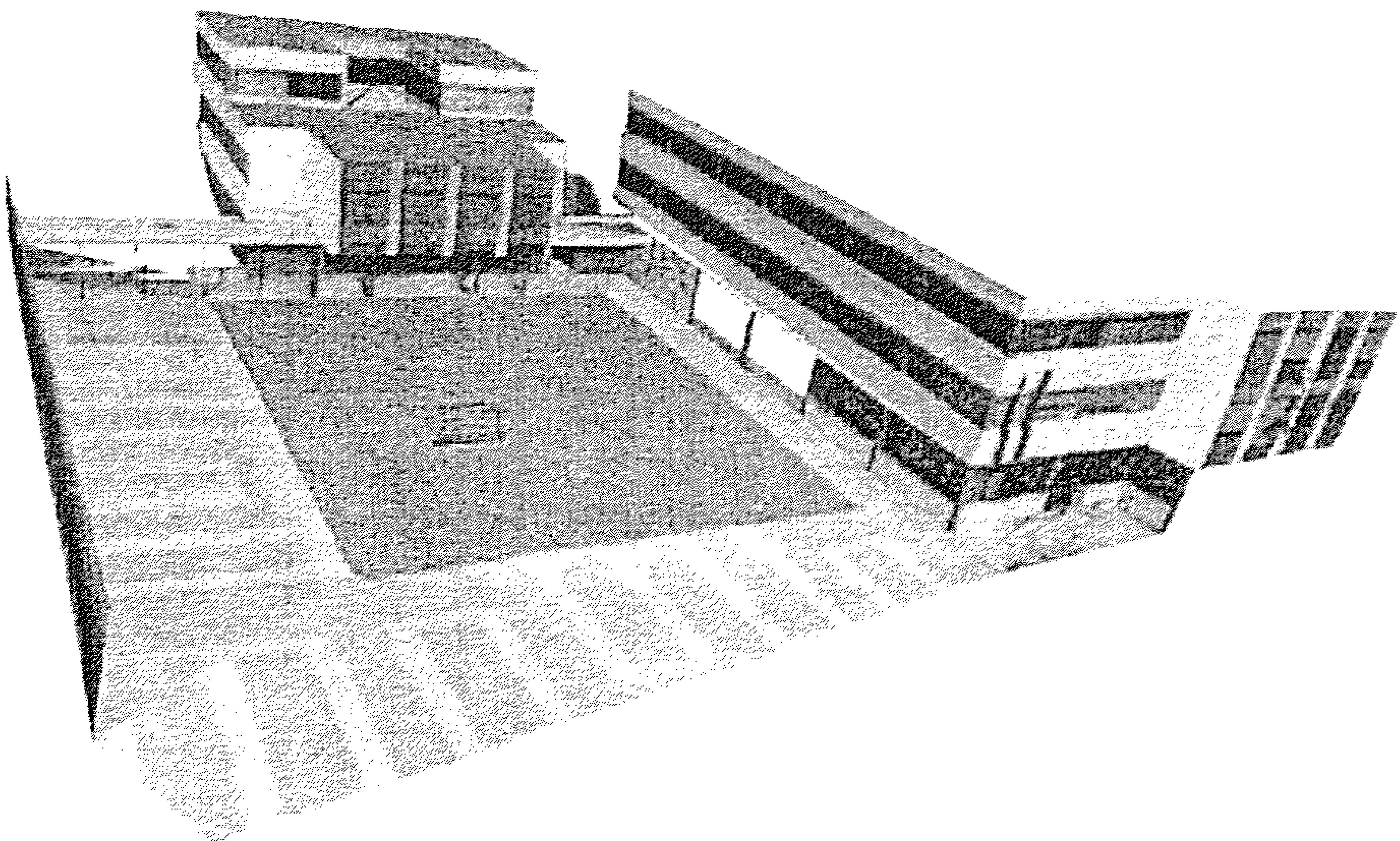




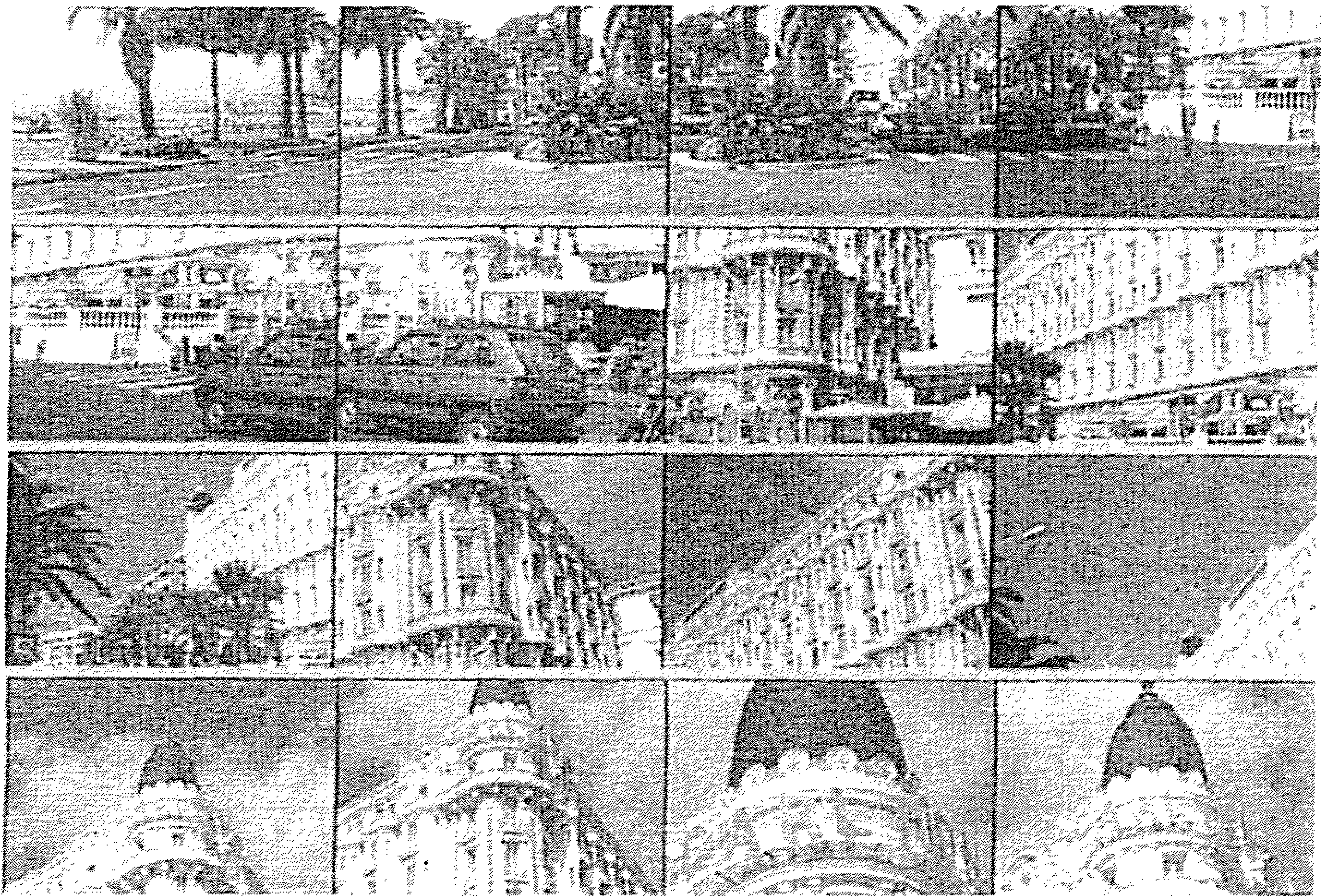


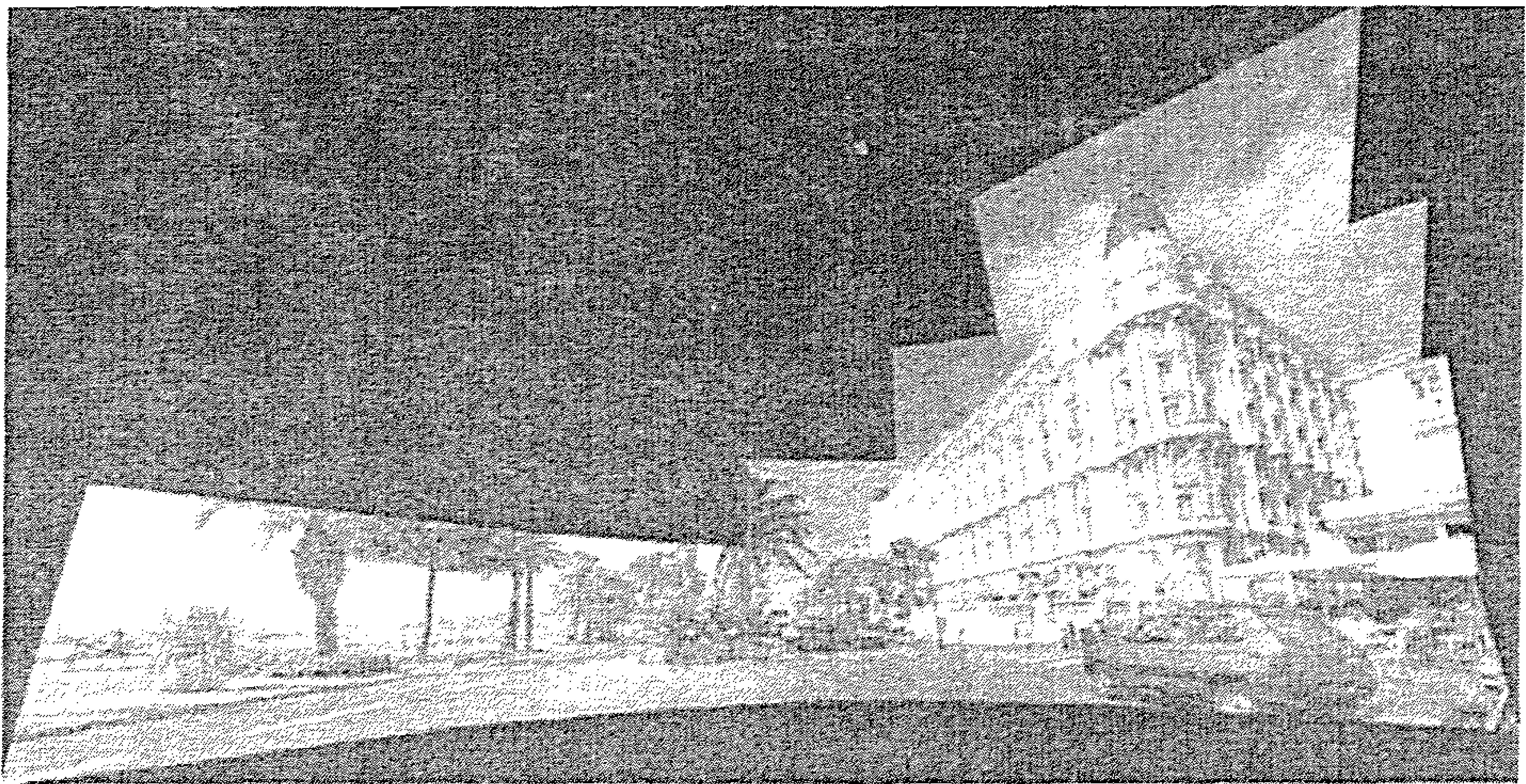
هناك تطبيق آخر للهندسة الإسقاطية، هو ما يعرف باسم فسيفساء الصور. فإذ أخذنا مثلا مجموعة من الصور لمنظر معين من الموقع نفسه، فإنه يمكن وصف هندسة هذه الصور بطريقة بسيطة بالاستعانة بمجموعة إسقاطية للسطح. ومعنى ذلك عمليا أننا إذا كانت لدينا صورتان للمنظر كله، كيفما كانت تلك الصورتان، أمكننا الانتقال من إحداهما إلى الأخرى عبر تغيير من مجموعة التغييرات المعروفة باسم التغييرات المتجانسة.





وكي أوضح ما أريد قوله، لننظر إلى الشكل رقم ٤ الــذي يجمــع صــورا لمدينة "كان" الفرنسية أخذت من موقع واحد، ثم لننظر إلى الشكل رقم ٥ الذي يبين كيف أنه يمكن الجمع بين تلك الصور كلها في بنية واحدة تدعى "فسيفساء"، تُتخــذ فيها إحدى الصور مرجعا (تلك التي احتفظت بشكلها المستطيل، وهي توجــد فـــي الوسط)، ثم يُدخَل على كل واحدة من الأخريات تغييرٌ متجانس يجعلها متلائمة مع الصورة المرجع عبر فتلها بالقدر اللازم. والنتيجة فسيفساء لهــا تطبيقــات عــدة، وبخاصة في مجالي الواقع الافتراضي والواقع المزيد.



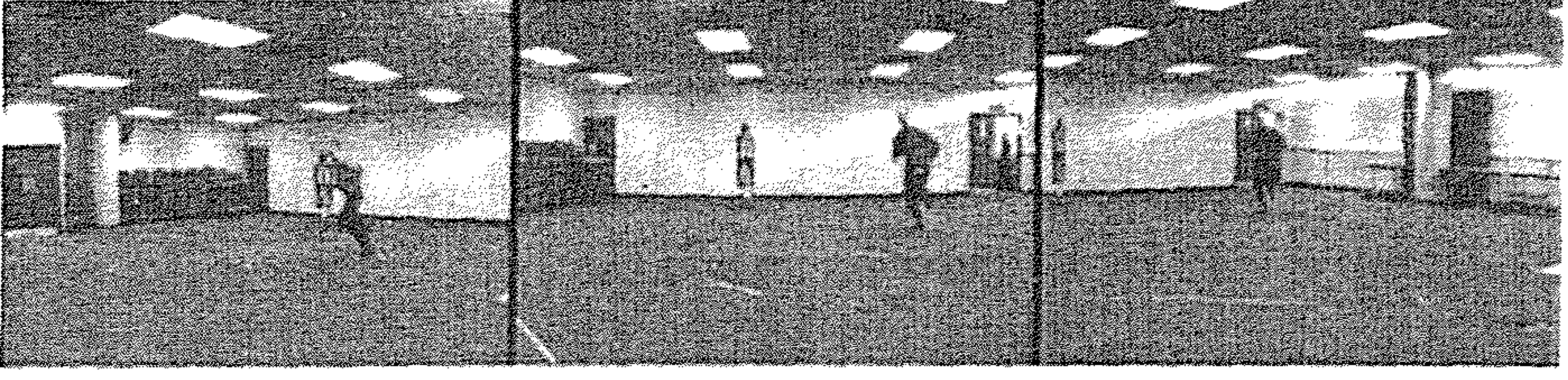


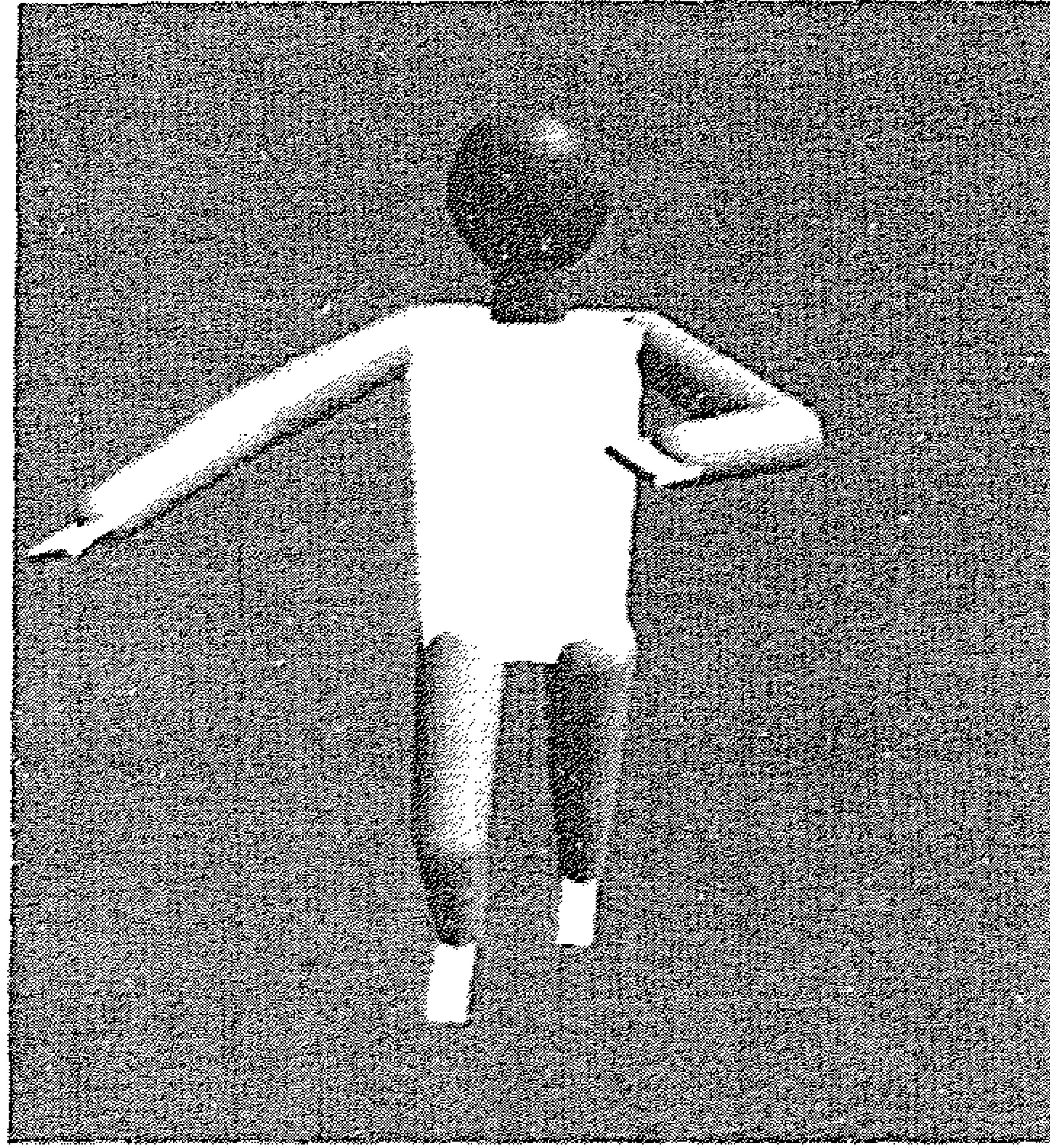
حساب التغيرات والإبصار عن طريق الحاسوب

تناولنا في الجزء السابق بالأساس مسألة إعادة تشكيل البنية الثلاثية في المنظر، دون الاهتمام بتحديد الأشياء والأشكال التي يبينها ذلك المنظر. وسنحاول في هذا الجزء أن نوضح كيف أن شعبة كبرى من شعب الرياضيات، هي حساب التغيرات، تتيح في كثير من الحالات إيجاد حلول لمثل هذه المسائل.

يرتكز الحل إلى فكرتين عظيمتين. أما أولاهما، فهي تمثيل الشيء أو الشكل المقصود بواسطة نموذج رياضي، أي مجموعة من المنحنيات والسطوح تخضع لضوابط معينة. أما الفكرة الثانية، فمؤداها أنه من الممكن التعبير عن ملاءمة النموذج للقياسات، أي للصور، بمساعدة معيار يقيس نوعا من الطاقة. فكلما كانت تلك الطاقة ضعيفة كان التلاؤم جيدا، والعكس صحيح. ويبقى المشكل المطروح حينئذ متمثلا في تحديد الضوابط التي تخفض من تلك الطاقة إلى حدها الأدنى، فإذا جرى تحديد تلك الضوابط وتبين أن مستوى الطاقة المقابلة لها متدنٍّ، أمكن القول إن الشيء أو الشكل المعني موجود فعلا في المنظر.

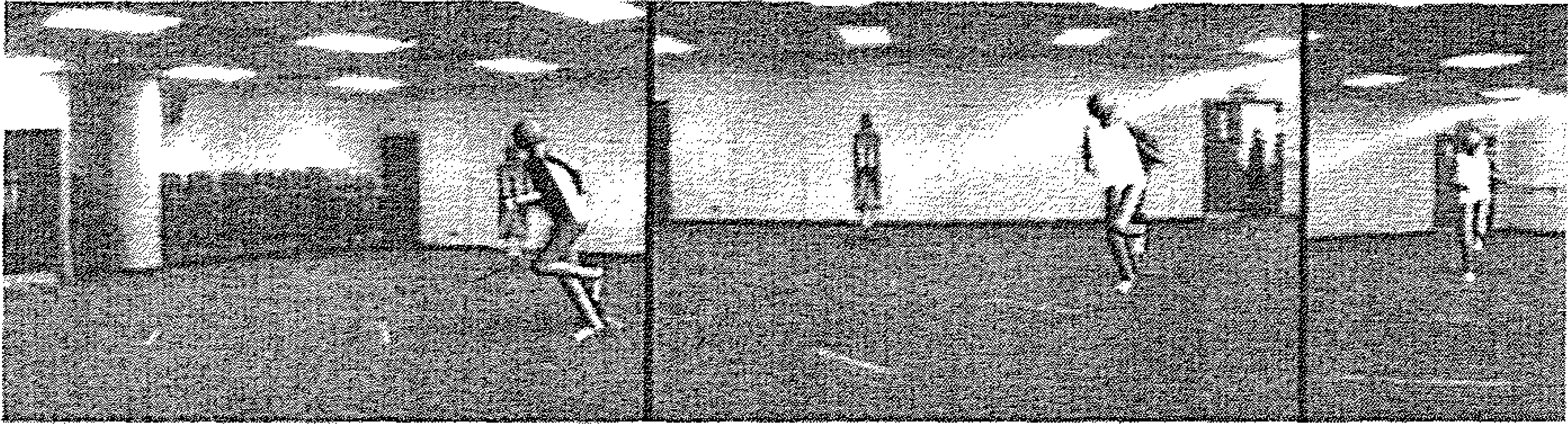
يبقى الآن أن نعرف كيف نخفض مستوى الطاقة. والجواب على هذا السؤال يوجد بالذات في نظرية حساب التغيرات، إذ يتيح هذا الحساب، انطلاقا من فرضية أولية (مجموعة من الضوابط المعقولة) تُقابل نموذجا أصلا، تغيير تلك الضوابط رويدا (عن سبيل حل معادلة ذات مشتقات جزئية EDP مثلا) إلى حين يستحيل خفض مستوى الطاقة. هذه المعادلة ستعمل إذن على تغيير شكل النموذج الأصل لتفضي إلى نموذج أفضل منه، بمعنى أنه يشرح المقاييس - أي الصور، مثلما رأينا أعلاه - شرحا أوفى.





لنشرح هذه الأفكار بالصور. يبين لنا الشكل ٦ ثلاث صور أخذت في وقت واحد، بثلاث كاميرات تلفزيون مختلفة، لرجل يجري. والهدف هو تحديد جري الرجل عبر دراسة سرعة بعض الضوابط من قبيل مركز ثقل جسمه أو الزوايا التي تكونها انثناءات بعض مفاصله. ويستعمل لأجل ذلك نموذج ذو ثلاثة أبعاد مثل الذي يبينه الشكل٧، يحدده عدد كبير من الضوابط التي يجب محاولة تقديرها انطلاقا من ثلاثة مقاطع مصورة. كيف ذلك؟ ننطلق من فرضية معينة نضع النموذج تبعا لها في مكان معين من المنظر. وانطلاقا من هذه الفرضية، نحسب صور هذا النموذج كما كانت ستكون لو أنها أخذت بالكاميرات الثلاث، ثم نقارنها

بالصور الثلاث التي جرى الحصول عليها فعليا. تفضي المقارنة في الغالب إلى أن الصور غير متشابهة، مما يستدعي تغيير ضوابط النموذج (بمساعدة تقنيات من ثمار حساب التغيرات) بما يقارب ما بين الصور الافتراضية والصور الواقعية إلى أقصى حد ممكن. ويبين الشكل ٨ إحدى النتائج المحققة، حيث جرى وضع الصور الافتراضية فوق الصور الواقعية فجاءت مطابقة بقدر مُرض يبين أن ضوابط النموذج قد جرى تقديرها بطريقة جيدة.



المستقبل

أود أن أختم بتقييم للنتائج التي جرى تحقيقها بفضل تقنيات الإبصار عن طريق الحاسوب. فأنا لا أريد أن أترك لدى القارئ انطباعا بأن مسألة الإبصار كما حددتها في بداية هذا المقال قد استوفت حلها اليوم، لأن المسألة ما زالت لم تجد لها بعد حلا. أجل، هناك تطبيقات تتصل بالإبصار لا تني تزيد تعقيدا وإثارة للدهشة، يمكن اليوم إنجازها آليا بواسطة البرامج المعلومياتية. لكنك متى تمعنت في الأمر وجدت أن الإنسان لا يزال بعد حلقة لا بد منها في السلسلة، بمعنى أنه لا بد من الاستعانة بهذه الآلية البديعة التي يمثلها الإبصار البشري لجبر عثرات آليات الإبصار الاصطناعية.

فما أسباب هذا الفشل الجزئي؟ يمكن تلخيص الأسباب في كلمات قليلة. فآليات الإبصار عن طريق الحاسوب هي إلى حد بعيد عاجزة عن التكيف مع كل

تغير في المحيط لا تنص عليه برامجها بوضوح، كما أنها عاجزة عن الاستفادة من أخطائها بحكم أن قدرتها على التعلم منعدمة أو تكاد. وذاك هو بالضبط نقيض ما يمكن مشاهدته عند بعض فصائل القردة "العليا" وعند الكائن البشري. والظاهر أن الإبصار عن طريق الحاسوب قد أخطأ حتى يومنا هذا عنصرا أساسا لا يدري أحد ماهيته، والنظريات الحسابية حتى اليوم تغفله.

ولمحاولة السير قُدُما، يبدو لي من الطبيعي الرجوع إلى منطق David Marr، الذي نُذكِّر بأنه كان ينادي بالبحث، بطريقة متوازية أو على الأقل في ترابط وثيق، في الإبصار الأحيائي والإبصار الآلي. والحال أن الناظر في الأمر في عامنا هذا، عام ٢٠٠٠، يندر أن يجد مختبرا تجرى فيه أبحاث حول الإبصار، يهتم في آن بالإبصار الأحيائي والإبصار الحسابي معا. فما السبيل إلى جعل الأواصر تمتد من جديد لتربط بين الباحثين في المجالين؟

هناك سبيل لعلها تنفتح من جهة ما يدعونه اليوم بالوسائل غير الاجتياحية في استكشاف الدماغ استكشافا وظيفيا. فتقنيات مثل الصدى المغناطيسي (IRM) ورسوم الدماغ البيانية المغناطيسية (MEG)، تكملهما رسوم الدماغ البيانية الكهربائية (EEG) والصور المنجزة بواسطة الكاميرا العاملة بالإلكترونات الموجبة (PET)، تتيح قياس بعض مظاهر نشاط الدماغ بدقة في المكان والزمان تزيد سنة بعد سنة. وهي قمينة، إذا طبقت على الإبصار، بأن تعطينا معلومات ثمينة قد تفيد في إغناء النظريات والخوارزميات القائمة في مجال الإبصار عن طريق الحاسوب. وفي مقابل ذلك، فإن بعض الأفكار التي جرى تطويرها في مجال معالجة الصور الرقمية قد تجد تطبيقات لها تهدف إلى تحسين نوعية القياسات التي تفضي إليها تقنيات الاستكشاف المذكورة.

بذلك تتراءى في الأفق علامات قران بين عوالم لا تزال اليوم أبعد من أن يتصل أحدها بالآخر (طب الأعصاب الباحث في الحواس، والمعلوميات، والرياضيات، والإبصار عن طريق الحاسوب)، غير أن ما هي صائرة إليه من

تقارب يفتح باب الأمل في تطوير نظرية مشتركة بين آليتي الإبصـــار الأحيائيـــة والاصطناعية، تقود إلى فهم أعمق وأمثل لعملية الإبصار عمومـــا، وإلـــى جعـــل وسائل الإبصار عن طريق الحاسوب أعلى كفاءة على وجه الخصوص.

البرنام (le logiciel)، مسألة واقع يومي[٨]

بقلم جيرار بيرى
Gérard BERRY

لقد استطاعت المعلوميات، بفضل المرونة التي تطبعها والتنوع الذي يميز تطبيقاتها، أن تنجح في دخول حياتنا اليومية، مدخلة على مجتمعنا تغييرا عميقا. وكانت البداية في الثمانينات، حين جاء الحاسوب الشخصي ليخرج المعلوميات من دورها التقليدي في الحساب العلمي أو في إدارة الأجهزة الكبرى، ويفتح أمامها أبوابا عديدة أخرى، من تدبير لجميع أنواع الأجهزة وتشغيل آلي للمصانع ووسائل النقل ومساعدة في الصنع في جل المجالات وإنتاج للوثائق التقنية والفنية وألعاب وغير ذلك. ثم جاءت سنوات ١٩٩٥-٢٠٠٠ ليُدخل انتشار إنترنت على دور الحاسوب في الحياة اليومية تغييرا جذريا، إذ جعل منه حاملا محدد المكان من حوامل مجتمع الإعلام أكثر منه أداة حساب مستقلة. أما اليوم، فإن الحاسوب قد تخلى عن لوحة مفاتيحه وشاشته ليدخل حنايا عدد كبير من الأشياء التي تحيط بنا، من السيارة إلى الآلات الكهربائية المنزلية فالهواتف المحمولة فالأعضاء الاصطناعية، في لائحة لا تفتأ تزيد في كل يوما عن سابقه طولا. ولن يطول الزمن بهذين التطورين الأخيرين حتى ينصهرا في بعضهما، فتصبح هذه الأشياء جميعها مرتبطة بالشبكة الكبرى، متيحة لنا النهل باستمرار من معين من المعلومات المتصلة بهذا المظهر أو ذاك من مظاهر حياتنا.

غير أن هذا الجهاز العصبي الاصطناعي العملاق يستند إلى مكونات مادية أو فكرية يجهلها أغلب الناس لأنها غير مرئية كما هو حال مكونات دراجة أو

---

(٨) نص المحاضرة رقم ٢٥٤ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٠ سبتمبر ٢٠٠٠.

سيارة مثلا. فداخل الدائرة الإلكترونية، ومثله البرامج التي تتحكم في اشتغالها، لا يمكن رؤية شيء منها ولا وزنها ولا الإحساس بها، والوسائل المعتادة في فهم طبيعة الأشياء وفي تقدير كنهها ومادتها بالركون إلى انطباع الحواس عنها، لا تجدي هنا فتيلا، مما يفسر إلى حد بعيد ما يجده بعض الناس من الصعوبة في استيعاب مقدار ما بلغه تغلغل المعلوميات في المجتمع. والأمر نفسه يصدق لسوء الحظ في حق صانعي الأدوات المعلومياتية، إذ إنهم لا يزالون إلى اليوم لم يبلغوا بعد درجة النوعية المثلى.

وسنحاول في هذا المقال القصير أن نشرح ماهية المعلوميات ونبين طبيعة الصعوبات التي تعترضها والتي غالبا ما يستهين الناس بها، وكيف يمكن أن يُرجى تحسنٌ عام في نوعية المنتوجات المعلومياتية.

الثنائي أدوات/برنام

إن أول شيء ينبغي فهمه هو طبيعة الدور الذي يضطلع به المعالِج الصُغري. إنه آلة قادرة على أن تنجز بسرعة مدهشة مجموعة من العمليات قد تبدو، واحدة واحدة، غير ذات بال، إذ تتمثل أهمها في أخذ معلومة معينة من مكان ما ثم وضعها في مكان آخر، مع إمكانية أن يصاحب عملية النقل تلك إدخال بعض التعديلات عليها. وهذا يصدق على المعالِجات الصُغرية جميعها تقريبا، من الرقاقات الكبيرة التي تجهز بها الحواسيب الشخصية إلى نظيرتها الصُغرية التي تراقب الكوابح في سيارة أو تتحكم في التقاط الصور في آلة تصوير. فهي كلها تشتغل حسب المبدأ نفسه، مع اختلافات طفيفة لا يُعتد بها.

ينص قانون Moore المدهش على أن الإنجازات تضاعف كل ثمانية عشر شهرا بتكلفة لا تتغير. وعنى ذلك أن تلك الإنجازات قد تضاعفت ألف مرة بين عامي ١٩٨٥ و٢٠٠٠ ! وقد ثبتت صحة هذا القانون على مدى ما يربو على خمس عشرة سنة مضت، ولا يبدو أن له حدودا زمنية واضحة. ويعود الفضل في

هذا التقدم الكبير إلى تضافر عوامل متعددة، منها تضاؤل أحجام المكونات الإلكترونية، وتطور تقنيات التصنيع، تواكبها جميعا زيادة في تردد التشغيل (الميغاهرتز إياه) وتطور مطرد في الهندسة المنطقية في بناء المعالِجات الصُّغرية.

غير أن الدارة في حد ذاتها ليست أكثر من ناقل أمين، ولذلك فإن ما ينتج عنه من قيمة مضافة مطردة لا يمكن إرجاع الفضل فيه إلا إلى مقاطع الأوامر التي يتلقاها، والتي يزوده بها البرنام. فصنع برنام معين يعني تحديد سلسلة العمليات التي يتعين القيام بها من أجل الحصول على نتيجة مفيدة لنا، من قبيل طبع نص أو أخذ صورة أو سماع موسيقى أو ربط اتصال هاتفي. ولما كانت كل واحدة من تلك العمليات لا تكاد تجدي لوحدها شيئا، لزم أن يكون عددها كبيرا جدا للإيفاء بما نريد من الدارة أن تقوم به. فمكالمة هاتفية بسيطة تتطلب مليارات من العمليات، تنجزها عشرات من الحواسيب، يضطلع بعضها بتشفير الصوت محولا إياه إلى عناصر معلومات من قيمة ١ أو ٠، وبعضها الآخر بتجميع تلك المعلومات في رزم، وثالث بربط الاتصال وإرسال الرزم إلى وجهاتها، ورابع بإنجاز العمليات المتعلقة بتحديد سعر الاتصال.

ويجري إنجاز أغلب تلك العمليات البسيطة مرات متعددة على معطيات متتالية، في توالٍ يعرف باسم "الحلقة" (en boucle)، مما يعني أنه لا علاقة مباشرة تربط بين عدد العمليات المنجزة وبين حجم البرنامج الذي يكتبه المبرمج. غير أن ذلك لا يعني أن حجم البرنامج ليس كبيرا. فعدد السطور المفردة التي ينبغي كتابتها من أجل إنجاز عملية من العمليات الجارية يبلغ مئات الآلاف بل والملايين في بعض الأحيان.

لقد أصبح صنع المعالِجات الصُّغرية نفسه يعتمد في جزء كبير منه على البرانيم. فحتى عهد قريب، كان صانع الدارة يعمد إلى ترانزيستورات يُجمّعها طبقا لقواعد كهربائية ومنطقية، مع الاجتهاد في تصغير حجم تلك المكونات قدر المستطاع، كي تخترق الجبهات الكهربائية أكبر عدد ممكن منها في فترة زمنية

معين. أما الآن وقد صارت المكنوات تعد بالملايين داخل دارة واحدة، فلم يعد هناك من وسيلة للتعامل معها إلا عبر برنامات خاصة. ومعنى ذلك أن ثعبان المعلوميات قد عض ذنبه، إذ لا مناص بعد اليوم من استعمال آلات الماضي لأجل صناعة آلات المستقبل.

الصعوبة الكامنة في البرنام والملازمة له

الآن وقد وضحت هذه الصورة، يمكن للمرء أن يتصور الصعوبتين الأساس اللتين تلازمان وضع البرنام: كيف يمكن التعامل مع آلة غاية في الغباء، وكيف يمكن تدبير ملايين من التعليمات؟ ولنضرب في ذلك مثلا توضيحيا بسيطا. افرض أنك توجد على رأس مقاولة كبيرة كل العاملين فيها أمناء مخلصون، لكن ليس بينهم من يعرف كيف يُقر قرارا ولا كيف يتخذ مبادرة، فهل سيكون بوسعك أن تحقق مع هؤلاء أدنى ما تطمح إليه، بل حتى أن تدون كل تفاصيل العمليات المطلوب من كل عامل في المقاولة إنجازها؟

إن المجتمعات البشرية تعتمد على القدرة التي يتمتع بها كل فرد من أفرادها على التكيف مع الأوضاع المختلفة، وقدرتهم على فهم أبعاد ما يقومون به من عمل وغاياته. وليس كذلك شأن المعالِجات الصُّغرية، التي إن أنت أصدرت إليها أمرا خطأ نفذته بإخلاص مهني صارم بليد لا تشوبه شائبة من تكاسل ولا من تعقل. ولنفرض أنك نجحت في تعيين كل العمليات التي ينبغي إنجازها، فإنك ستكون عندها قد اضطررت إلى الإدلاء بكل التفاصيل بلا استثناء، مما يعني أن وثيقتك ستكون آنذاك ضخمة الحجم خالية من التنسيق لو اطلع عليها مطلع لوجدها أشبه ما تكون بدليل هاتفي، لا متعة في قراءته ولا فائدة. وبطبيعة الحال، ستقرر بعد عام أن تغير بعضا من وظائف برنامك، فهل سيكون بمقدورك عندها تذكّر جميع التفاصيل التي عالجتها من قبل، وهل سيكون من المتاح لك إسناد عملية التغيير المنشودة إلى شخص لم يشهد ميلاد الوثيقة الأولى؟ تلك بالذات هي الصعوبات التي تعترض سبيل تقنيي المعلوميات في كل عمل يريدون إنجازه.

علاوة على هذه الصعوبات، هناك عدو بالغ المكر والدهاء يتربص بالتقنيين، هو ما يعرف باسم bug، أي "البقة"، وهو اسم يذكرنا بأن أولى الأعطاب التي كانت تصيب الحواسيب كانت تتسبب فيها حشرات صغيرة تنحشر بين أسنان ترسين من تروسها الداخلية. والبقة خطأ صغير جدا، لا يتعلق في غالب الأحيان إلا بحروف معدودة من حروف البرنامج، لكنه يمكنه أن يؤدي إلى سلسلة من التفاعلات ذات آثار مدمرة، فيعطل شبكة هاتفية برمتها، أو يفجر صاروخا على منصته، أو يجعل قمرا اصطناعيا يضيع في الفضاء، أو يعيق عمل الحاسوب المرة تلو المرة، ويحدث خروقا أمنية في الشبكات، إلى غير ذلك من لائحة مخيفة ما فتئت تزداد طولا. وهاك مثلا مما وقع يوما على ظهر السفينة الأمريكية Smart Ship، المجهزة بأحدث التقنيات الإلكترونية. فقد أخطأ أحد التقنيين يوما فأدخل قيمة • مكان قيمة موجبة في ضابط غير ذي بال، فنتج عن ذلك قسمة على • جعلها ضعف الحماية في البرنام تنشر مشاكل أخرى في الآلة المعنية ثم في الشبكة بأجمعها، فما هي إلا دقائق حتى توقفت المحركات وأضحى التحكم في السفينة متعذرا. وعلى عكس الأعطاب الميكانيكية ذات الطبيعة الاتفاقية، فإن الأعطاب التي تسببها البقات لا تخضع لقوانين الاحتمالات المضاعفة البسيطة. فحادثة انفجار صاروخ Ariane V عند إطلاقه للمرة الأولى كان يمكنها أن تتكرر مائة مرة – وبعد الفترة الزمنية ذاتها من الإطلاق – فيما لو أطلق الصاروخ بعد ذلك مائة مرة دون القضاء على البقة، لأن العطب الذي تسببه هذه الأخيرة يؤدي إلى نتائج حتمية لا محيص عنها.

لقد كان اكتشاف وجود البقات نفسه مفاجأة كبرى لمخترعي الحاسوب. ولنذكر في هذا الصدد ما كتبه في ١٩٤٩ Maurice Wilkes، أحد أوائل الرواد في هذا المجال: "ما إن بدأنا في تدوين البرامج حتى اكتشفنا لدهشتنا أن إنجاز ذلك العمل بشكل جيد لم يكن بالسهولة التي كنا نظنه عليها. لقد لزمنا أن نتعلم كيفية القضاء على البق، وإني لأذكر تلك اللحظة الرهيبة التي اتضح لي فيها أنني محكوم علي أن أقضي معظم حياتي في محاولة تصحيح الأخطاء الواقعة في برنامج

وضعته بيدي." لكن لماذا يرتكب أشخاص ذوو تجربة مثل هـذه البقـات؟ يكمـن الجواب في التعقيد الشديد الذي يطبع "تفاعل" البرنام مع محيطه و"تفاعل" أجزائـه هي نفسها فيما بينها. فالبرانيم، حتى التي تبدو منها في ظاهرها بسيطة - من مثل تلك التي توكل إليها إدارة جهاز هاتف مثلا - تستدعي عددا من العمليـات أكبـر بكثير مما يستطيع الفهم الإنساني استيعابه استيعابا مباشرا. فلما كانـت البـرانيم لا تمتلك أدنى قدرة على التكيف ولا على التصحيح الذاتيين، فإن اسـتجابتها لحـدث معين ستكون هي بالذات الاستجابة المكتوبة في برنامجها، علما أنه ما كل مكتوب يكون بالضرورة مفكّرا فيه. وفي الواقع العملي، فإن وقوع حدث لم يكـن متوقعـا بصورة واضحة (أي لم يجر تزويد البرنام بمعلومات صريحة بشأنه) قد يتسبب في حدوث تحولات زمنية ومكانية غير منتظرة في اشتغال هذا الجـزء أو ذاك مـن البرنام، تقود بدورها إلى إنجاز عمليات خاطئة قد يكون لها على المحيط المباشـر أوخم العواقب. ومن الأمثلة في ذلك ما حدث يوما في إحدى المستشـفيات، حيـث قادت بضعة أخطاء بالغة الدقة في عملية التحكم في لوحة المفاتيح الخاصـة بآلـة إشعاعية، إلى وفاة عدد من المرضى نتيجة تلقيهم كميات غير مـتحكم فيهـا مـن الأشعة. ومن الأمثلة أيضا تلك الأخطاء التي لولا أن جرى تـداركها وتصـحيحها بالتحكم عن بعد لكانت قد قادت إلى ضياع Sojourner، الإنسان الآلي الشهير الذي أرسل لاستكشاف المريخ. ولنضف في الأخير أن البق يضرب الدوائر نفسها. فقـد قاد خطأ بسيط في مكان لا ضرورة ظاهرية له على جدول قسمة، إلى ميلاد بقـة شهيرة أصابت دائرة Pentium عند Intel، فكلفت هذه الشركة رسميا ٤٧٥ مليونا من الدولارات.

التطور التقني الذي شهده مجال وضع البرانيم

تخضع الصناعات الإلكترونية والإعلامية - كغيرها من الصناعات - أساسا لقانون time to market (وقت الوصول إلى السوق) الذي ينبغي تقليله مـا أمكـن

ذلك. غير أن الوضع اليوم قد تغير، إذ لا مناص بعد اليوم من العمـل، بالإضـافة إلى ذلك، على الرفع ما أمكن من زمن آخر هو ما يعرف باسم time to bug، أي الزمن اللازم للبقة كي تحدث ضررا. فالواقع يدل على أن الضرر الذي يمكـن أن تحدثه بقة واحدة كثيرا ما تكون كلفته أكبر من كلفة تطـويرات النظـام مجتمعـة. وحين نتحدث عن الكلفة، فإن ذلك لا يشمل كلفة الحادث وحده: فلئن كـان وضـع نسخة جديدة من لعبة معينة تحت تصرف مستعملي إنترنت شيئا سهلا، فإن الأمـر ليس كذلك حين يتعين تصحيح البرنام الذي يضطلع بالتحكم في محرك نسخ عديدة من سيارة معينة. فعلاوة على البقات، هناك مشاكل عويصة في التـدبير. وهنـاك عدة مشاريع كبرى، مثل تسيير البورصة البريطانيـة عـن سـبيل المعلوميـات، والمعالجة الإعلامية لأوراق الضرائب في الولايات المتحدة، ومعالجة الأمتعة فـي بعض كبريات المطارات، قد جرى التخلي عنها بعد أن كلـف وضـعها ثـروات ضخمة. فليس من السهل تدبير شؤون مشروع غير مرئي.

هناك وصفات بسيطة لوضع برنامات رديئة، نرى أن من المفيد جردها هنا لأنها لا تزال شائعة الاستعمال، وبالخصوص في الأماكن التي لم ينتبه فيها النـاس بعد إلى هذا المشكل. ومنها:

- الركون إلى المرونة الظاهرية. فلما كان من السهل تقنيا إدخال تغيير علـى نص برنام، فإنه يحدث كثيرا أن يغفل الزبون تحديد مـا يريـده بالضـبط، حاسبا أنه سيكون باستطاعته إدخال ما شاء من التغييرات وقتما شـاء. ولا ترى شركات الخدمات في ذلك ضيرا، إذ ما دام الزبون يؤدي ثمن الخدمة، فلا بأس في تلبية طلبه، حتى ولو كان لا يدري ماذا يريد. حتى إذا جـاءت التغييرات بعد ذلك هبة واحدة، رأيتَ النظام يترنح جميعـه كقلعـة مشـيدة بأوراق اللعب.

- الاقتصاد في الموارد البشرية. فالبرنامات مجال لا تضطلع الآلـة فيـه إلا بدور بسيط، ويطبع المساهمة البشرية فيها تفاوت كبير يعـود إلـى جـودة

تكوين كل واحد من العاملين وتأطيره. فالمبرمجون لا يمكن استبدالهم جميعهم بعضا ببعض، ومردوديتهم بمعيار المنتوج المكتمل تتفاوت بنسبة تناهز الواحد إلى عشرة وقد تتجاوز ذلك أحيانا (وتتمثل إحدى وسائل التشتيت التقليدية عند قيادة المشاريع في تشغيل عدد كبير من المبرمجين غير المكونين تكوينا جيدا قصد تدارك التأخر). أضف إلى ذلك أن قيادة الاختبارات تكون كلفتها البشرية عالية، إذ تبلغ ما بين ٣٠ و٥٠ بالمائة من كلفة المشروع كله. وتلك نقطة يجد عندها الاقتصاد في المصاريف هوى في النفوس، فيفضي ذلك إلى العواقب الممكن تصورها.

- عدم استعمال الأدوات الجيدة. فما أكثر المشاريع التي تجدها مجهزة تجهيزا غير كاف أو رديئا. والسبب موقف سلبي من الأدوات المنطقية دام طويلا. فتلك الأدوات تتطلب تكوينا أمثل لدى العاملين – مما يحيلنا إلى المشكل السابق ذكره – علاوة على أنها قد تحمل في طياتها بقات وقد تخلق بعضها. ولذلك فمن الشائع أن ترى مشاريع وقد أعيدت على بدء من أجل إعادة بناء تجهيزاتها الأساس. وبعد أن اقتنع أصحاب القرار بأن لا جدوى من محاولة تبليل الماء، أعطوا أوامرهم على عكس ذلك بأن يجري الاعتماد بصفة حصرية على مكونات مرتبة في طبقات (ويرمزون إليها بالإنجليزية بالحروف COTS). غير أن ذلك أدى في بعض الأحيان إلى الاعتماد على مكونات غير موثوق بها أو محوّلة عن أهدافها الأصل بما يكفي لجعل التوازن غير مضمون.

واختصارا لما سبق، يمكن القول إن خير الوسائل وأضمنها لإفشال مشروع منطقي معين تتلخص في جملة واحدة: أن لا يُحمل المشروع المعني على محمل الجد. فإعداد برنامات موثوق بها يستدعي عكس ذلك تماما، من فهم جيد للحاجات، وتحديد للوظائف في ما هو ضروري، وتحليل للتفاعلات كأشمل وأدق ما يكون التحليل، واجتهاد في الحفاظ على التحكم الفكري والتقني في المشروع، وتجهيز

جيد يمكّن من إظهار أكبر عدد ممكن من خواص البرنام، وإعادة لاستعمال المكونات المنطقية الصلبة إلى أقصى حد ممكن، وبرمجة دفاعية لا تثق ثقة عمياء في سلوك المكونات الأخرى، وتوثيق جيد. وبعبارة مختصرة، لنقل إن بناء برنام موثوق به يتطلب صرامة مطلقة في كل لحظة من لحظات العمل.

هناك نقطة أخرى ينبغي أن ينصب عليها الاهتمام، هي "الواجهة المشتركة بين المستعمل والآلة"، وخاصة عندما يتعلق الأمر بمنتوج موجه إلى الاستهلاك الواسع. فمن المدهش أن يرى المرء هذا الكم الهائل من الشبابيك الأوتوماتيكية والهواتف وآلات التصوير وغيرها من الآلات الحديثة المجهزة بأحدث التقنيات والخدمات التي قلما يستفيد منها مستعملوها، لأن صانعيها لم يتساءلوا يوما كيف سيستطيع مستعملوها من عامة الناس استيعاب تلك الوظائف والخدمات والإفادة منها.

رياضيات البرنام

نظرا للطبيعة الماكرة التي تتميز البقات بها، فليس هناك من تقنية هندسية يمكنها القضاء عليها قضاء مبرما. فما من نظام يطبعه أقل قدر من التعقيد إلا وهو حامل لعدد منها ما لم يجر تحليله بواسطة اختبارات مبنية على الملاحظة المباشرة، لأن عدد التفاعلات الممكنة ضخم إلى درجة تجعله صعب المتناول بالنسبة إلى طريقتنا المعتادة في الفهم والاستيعاب. غير أن الباحثين، ومنذ فجر عهد المعلوميات، قد نظروا إلى البرنام بصفته إنجازا ذا طبيعة رياضية، مما يعني أنه من الممكن أن تطبق عليه استدلالات صورية، بل وفي بعض الأحيان استدلالات يجري إنجازها آليا، وهي النقطة التي سنختم كلامنا هذا بها.

إن مفهوم الخوارزميات، بما هي سلسلة من العمليات الممكن إنجازها آليا، مفهوم موغل في القدم، جرى تطويره في بداياته عبر معالجة الأعداد والأشكال الهندسية. ثم جاء ميلاد الحاسوب ليعطي للبحث في مجال علم الخوارزميات دفعة

جديدة. واليوم، فإن للخوارزميات الحديثة تطبيقات في مجالات عديدة متنوعة، من تدبير للمعلومات من كل نوع وبحث في مجالات تضم كميات هائلة من المعطيات ومعالجة للأصوات والصور وتشفير للرسائل وغير ذلك مما يتعذر حصره. وهناك اليوم مكتبات من الخوارزميات المخصصة لمعالجة الإشكالات العادية، وقد ظهر بعد ذلك ما يعرف باسم الخوارزميات "الموزَّعة"، التي تُشغل أكثر من وحدة حساب واحدة، والتي إن كان لا غنى عنها للتطبيقات الحديثة من قبيل التجارة الإلكترونية، فإن إعدادها وكذا تحليلها هما من الصعوبة بمكان. وعموما، ينصب البحث في مجال علم الخوارزميات على إعداد خوارزميات ودراسة إنجازاتها، وهي بحوث ذات طبيعة رياضية تكاد تكون صرفا. أما الصعوبة المركزية فتتمثل في كون أغلب المشاكل المهمة تقع بالضبط على الحد الفاصل بين ما هو ممكن عمليا وما هو غير ممكن.

أما الجانب الآخر من علم المعلوميات، فهو ما يعرف باسم "علم الدلالة"، حيث يهتم الباحثون بفهم البرامج المكتوبة والتحكم فيها، من مثل البرهنة على أن برنامجا معينا يستطيع أن ينجز دون أدنى خطإ خوارزمية أعدت بطريقة تجريدية. وتعود جذور علم الدلالة إلى دراسات الاستنباط المنطقي عند اليونان، وإلى تأسيس الرياضيات الحديثة في أوائل القرن العشرين. وقد قفزت الأبحاث في هذا المجال قفزة كبرى مع أشغال Church وGödel وكذا Turingحول السيرورات الممكن حسابها (processus calculables)، وهي أبحاث تعود إلى ما قبل ظهور الحواسيب. ثم بلغ هذا العلم تمام نضوجه حين اتضح للباحثين أنه لا غنى عن المقاربات المنطقية والدلالية لمن شاء أن يضع تعليمات برمجية منجزة ومحددة بشكل جيد، لأن جودة هذه التعليمات مسألة ذات أهمية قصوى، بما هي الحامل الذي يودِعه المبرمج ما يكتبه في برنامجه. وأخيرا، فإن التطورات التقنية التي شهدها هذا المجال قد أتاحت تطوير تقنيات لمراجعة سلوك البرامج والدارات مراجعة رياضية، عبر إجراء اختبار شامل لكل ما يمكن أن تقوم به من عمليات.

وقد بدأ موضوع المراجعة الرياضية هذا – وهو الذي كان إلى عهد قريب محصورا في مجال البحث الصرف – يجد مجالا خصبا للتطبيق في الميدان الصناعي، حيث من الطبيعي أن يهتم أهل هذا الميدان اهتماما كبيرا بالتقنيات التي تتيح لهم الكشف عن وجود بقات ماكرة في أنظمتهم والتخلص منها قبل أن يصيبهم ضررها.

البرامج العناصر وتطبيقاتها التجارية[٩]

بقلم موريسيو لوبيز
Mauricio LOPEZ

تكنولوجيا البرمجة بالاعتماد على العوامل (agents)

مهمة الحاسوب هي القيام بتطبيق برامج (أي سلاسل من التعليمات مكتوبة بلغة معينة تفهما الآلة) بهدف إنجاز عمليات محددة، من قبيل الحساب الجبري والتبويب حسب الترتيب الأبجدي وإظهار المعطيات فوق الشاشة وحفظ للمعلومات في القرص. والحاسوب أثناء اشتغاله لا يزيد على أن يفعل مثل ما يفعل أي واحد منا إذ يتَّبع واحدةً فواحدة تعليماتِ وصفة طبخ. فهو كذلك يعالج "مقومات" وصفته، المتكونة من نصوص وأرقام وصور، ويستعمل في معالجتها مجموعة من "المواعين"، فيجري عمليات حسابية في ذاكرته أو يظهر معلومات على الشاشة أو يحفظها في قرصه. فالمعلوميات "الموزَّعة" لم تر النور إلا في الثمانينات من القرن الماضي. أما قبل ذلك، فكان الحاسوب يشتغل بطريقة ممركزة، وكان يجري اللجوء إليه أساسا لأجل إنجاز عمليات حسابية، من قبيل إدارة أجور العاملين أو مخازن البضائع وفرز الأصوات في العمليات الانتخابية ونمذجة التفاعلات الذرية.

هكذا انتقلنا من مرحلة كانت فيها كل العمليات موكلة إلى حاسوب واحد يعمل ببرامج متراصة، إلى جيل يستعمل حاسوبين اثنين في آن، أحدهما حاسوب "زبون" والآخر حاسوب "مصرِّف". أما الأول، فيكون مجهزا ببرامج تهدف بالأساس إلى تدبير تفاعل المستعمل مع الشاشة والطابعة وغير ذلك. وأما الثاني، فحاسوب أقوى من سابقه بكثير، مختص في تدبير كميات كبيرة من المعطيات وفي

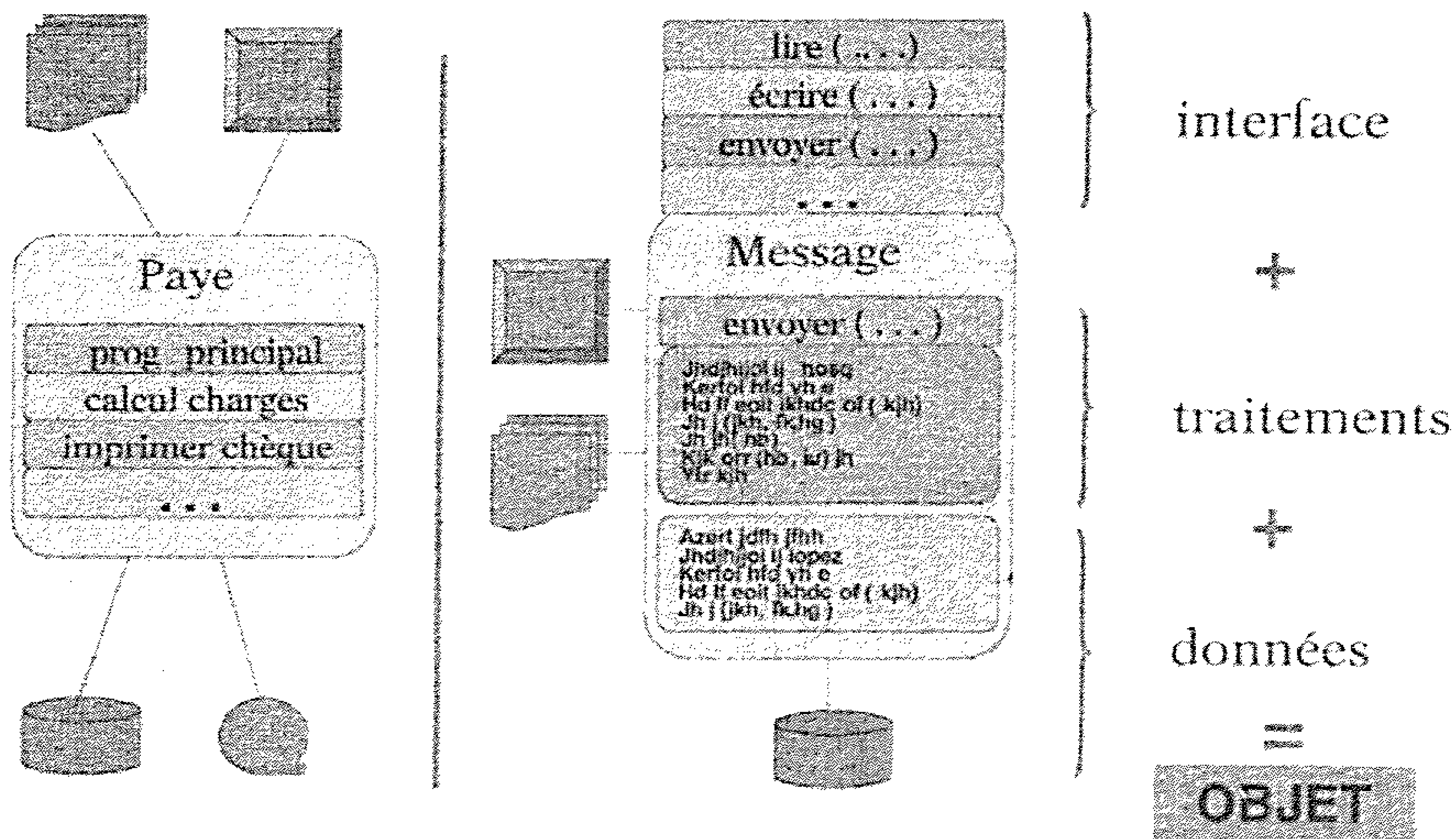
---

(٩) نص المحاضرة رقم ٢٥٥ التى القيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١١ سبتمبر ٢٠٠٠.

إنجاز العمليات الحسابية الكبيرة. ويتيح هذا النوع من التنظيم في العمل، الذي يجري استعماله بشكل كبير في المصارف وشركات التأمين والإدارات، استعمالا أمثل وأكثر مرونة للموارد الإعلامية، حيث تقوم حواسيب أصغر حجما وأرخص ثمنا بإنجاز أبسط المهمات.

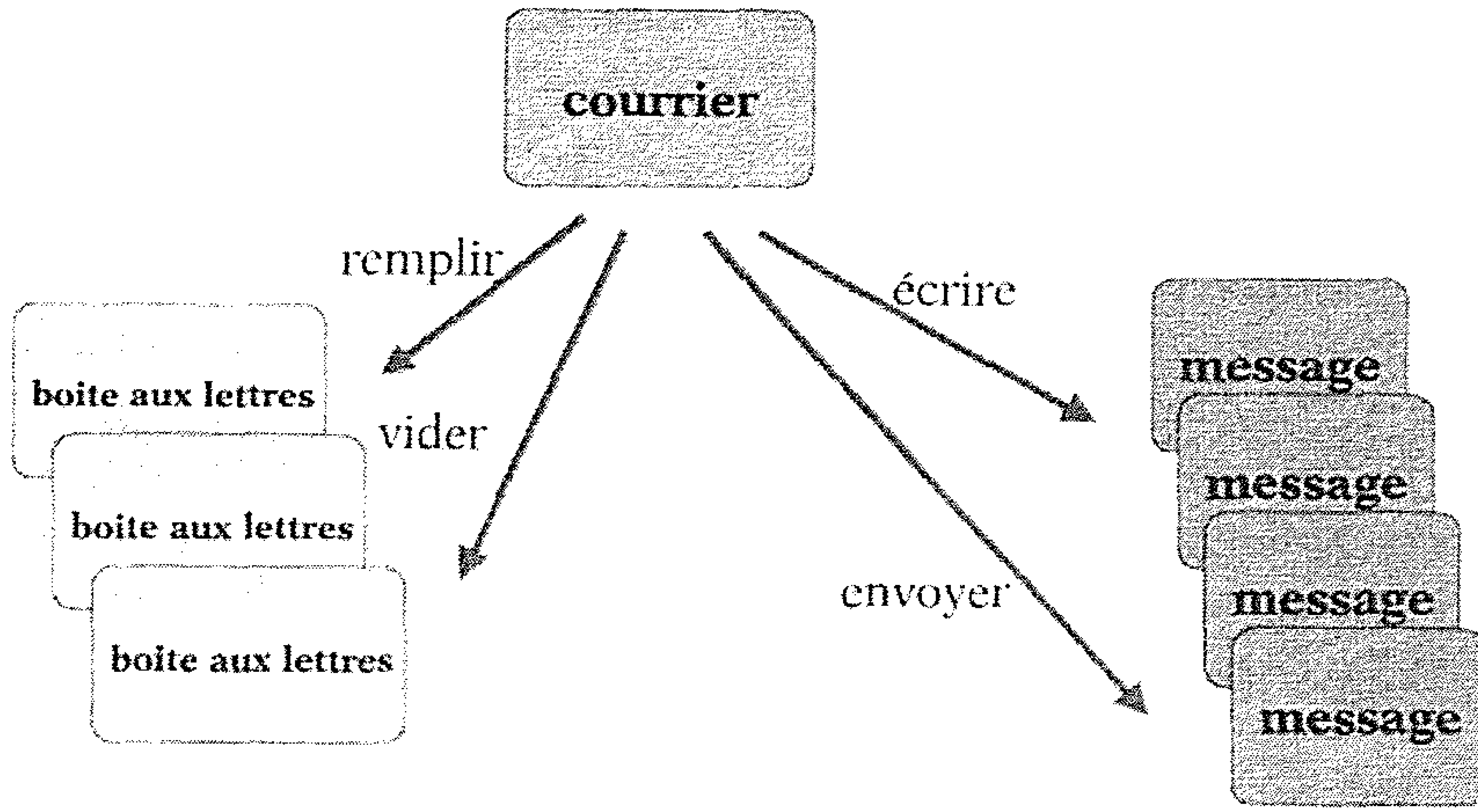
وقد أدى التطور في آخر المطاف إلى ظهور المعلوميات الموزَّعة التي نعرفها اليوم، حيث صارت الحواسيب كلها مرتبطة إما بشبكة محلية في داخل المقاولة، وإما بشبكة أوسع كشبكة إنترنت. وفي هذه الحالة تكون حواسيب "زبونة" (أي حواسيب شخصية) مرتبطة بحواسيب مصرِّفة متخصصة في تدبير قواعد المعطيات أو حواسيب تطبيقية (تحسب الأجور أو تدبر الحسابات المصرفية مثلا)، قادرة على دخول الحواسيب المصرِّفة بالمعطيات. ويرتبط الزبناء، حين يرتبطون، بالحواسيب التطبيقية أو حواسيب المعطيات.

البرنام عبارة عن برنامج أو مجموعة من البرامج تقوم بإنجاز مهمة معينة. وقد شهدت طريقة تنظيم البرنامات بدورها تطورا. فقد مضى عهد كان فيه الاعتماد على بنيات مركزية لا تتمتع بقدر كبير من المرونة، وكان البرنام يعتمد في إنجاز عمله - من قبيل حساب الأجور في مقاولة مثلا - على "برنامج رئيس" ينسق "الإجراءات" المختلفة، من نحو حساب الأعباء الاجتماعية وطباعة الشيكات المصرفية. أما اليوم، فإن البرنامات تنتظم فيما يشبه مجتمعا بشريا. فكما تجد في المجتمع البشري الرصّاص والنجار والمحاسب وغيرهم، فكذلك هناك برامج متخصصة في إنجاز مهمات معينة. ويدعى كل واحد من هذه البرامج "موضوعا" (شكل ١)



فالموضوع – وهو هنا رسالة – الذي نراه في الشكل يتكون من ثلاثة أجزاء. فهناك أولا واجهة مشتركة (شاشة) يعلن الموضوع على صفحتها ما هو قادر على فعله: كتابة الرسائل وقراءتها وإرسالها. ثم هناك جزء خاص بالمعالجة، يجمع سلاسل التعليمات التي تتيح له إنجاز المهمات الموكلة إليه، كتلك الخاصة بإرسال الرسالة مثلا. وهناك أخيرا المعطيات المعالَجة، من مثل نص الرسالة، التي يمكن تدبيرها في الذاكرة أو تخزينها في قرص.

من ثمة يمكن إعادة تنظيم البرنام على أساس أنه مجموعة من "المواضيع" التي تتفاعل فيما بينها، وهو المقصود مما يدعى "البرمجة بالمواضيع". ويبين الشكل أسفله حالة برنام مختص في تدبير البريد الإلكتروني، متكونة من ثلاثة أجزاء هي البريد وصندوق البريد والرسائل. فالموضوع "بريد" يمكنه أن يطلب من صندوق رسائل معين أن يمتلئ بالرسائل القادمة أو أن يطلب من موضوع "رسالة" معين أن يرسل نفسه إلى متلقٍ معين.



ما يدعى "العوامل" هو مجموعة من المواضيع التي تتصف عموما بالخواص التالية:

- فهي تتمتع بالاستقلالية وتتحكم في عملها الذي لا يمكن التدخل فيه؛
- وهي قابلة للاشتغال في ارتباط مع برنامات أخرى؛
- وهي تتمتع بالقدرة على ردة الفعل، بمعنى أنها تشعر بمحيطها وتتفاعل مع التغيرات التي تحصل فيه. فالعامل المكلف بمراقبة موقع إلكتروني يعرض التعاملات في سوق أموال مثلا، يستطيع باستمرار قراءة الأسعار وإرسال رسالة تنبيه كلما تغيرت قيمة سهم من الأسهم المتداولة أو بلغت حدا معيّنا؛
- وهي تأخذ المبادرة في بعض الحالات، حيث يمكنها مثلا، في مجال التجارة الإلكترونية، التفاوض لتحديد سعر بضاعة معينة بشروط معينة.

أمثلة من استعمالات العوامل

يمكن لعامل مسخر في التجارة الإلكترونية أن يرتبط بموقع تجاري، فيبحث عن البضاعة المطلوبة ويحصل على سعرها. وهو يستطيع أيضا، متى تمتع بما يفي من الذكاء، أن يتفاوض حول السعر، شريطة أن يجد أمامه عاملا مفاوضا. وهاك مثالا آخر في مجال البريد الإلكتروني. فالعامل يقوم بفرز البريد (بريد صديق أو بريد مهني أو بريد عاجل أو غيره)، ويظهر بوضوح كل المعلومات التي جرى تعيينها له بصفتها ذات أهمية، بل إنه قد يرتبط بالشبكة للبحث عن معلومات تكميلية. بل إنه لقادر على القيام بمهمات أكثر تعقيدا، من مثل الكشف عن رسالة تخبرك بقبول المقال الذي اقترحته للمشاركة في ندوة عالمية، والبدء بالإجراءات الخاصة بسفرك إلى البلد الذي يشهد الندوة.

يمكن التمييز بين ثلاثة أنواع رئيسة من العوامل.

فهناك العوامل العادية، القادرة مثلا على فرز البريد أو البحث عن بضائع على الشبكة العالمية. وتنتمي أغلب العوامل المستخدمة في التطبيقات التجارية إلى هذا النوع.

وهناك العوامل المسماة "ذكية"، وهي كما يدل عليها اسمها عوامل يحاول صانعوها مدها بنوع من الذكاء، تماما كما هو الأمر في مجال الذكاء الاصطناعي. وتبعا لذلك، فإن الحديث يجري على "معرفة" العامل، لا على "المعلومات" التي يعالجها. فهو يعرّف أشياء معينة، لكنه قادر على أن يستنبط منها أشياء جديدة. كما أن بمقدوره أن تكون لديه اعتقادات (croyances)، حيث يستطيع – متى كانت المعلومات غير دقيقة بدرجة كافية – تأويل تلك المعلومات وإيتاءها قيمة نهائية بالاستناد إلى اعتقاده. وهو قد يتصرف بناء على نية معينة كما قد يتصرف إذا أحس أن هناك ضرورة لذلك. ثم إنه يستطيع الاشتغال بشكل تعاوني: فعند تنظيم رحلة جماعية مثلا، وإذا كان باستطاعته حل المشاكل المتعلقة بالمبيت لا تلك

المتعلقة بالنقل، فإنه سيتوجه إلى عامل آخر يكون اختصاصه هو النقل. وهذا النوع من العوامل لا يزال في مرحلته التجريبية، ولا توجد منه إلا نسخ اختبارية في عدد من مختبرات البحث، ولا تزال تطبيقاته التجارية أيضا في طور التجريب.

وهناك أخيرا العوامل المتحركة، التي يمكنها الانتقال عبر الشبكة ليجري تطبيقها في حواسيب مختلفة حسب المهمات المسند إليهم إنجازها. وهكذا، فإذا كان من الضروري معالجة كمية كبيرة من المعلومات في حاسوب آخر لتفادي عمليات النقل الطويلة التي يستدعيها استقدام تلك المعلومات عبر الشبكة إلى الحاسوب الأول، فإن العامل المتحرك ينتقل عبر الشبكة ليجري تطبيقه في الحاسوب الذي توجد المعلومات مخزنة فيه. كما أن باستطاعة العامل المتحرك أن ينتقل بعد ذلك إلى حاسوب آخر ليطبَّق فيه بدوره أو أن ينتهي عمله عند انتهاء التطبيق الأول. وهكذا تكون دورة حياته مكونة من حالات عديدة ممكنة، من تطبيق وتوقف وانتقال وإعادة اشتغال فنهاية حياة.

وتستطيع العوامل تأدية مهمتها بفضل قاعدة تطبيق تمدها بالموارد الضرورية لإنجاز مهماتها. فما يسمى "مصرِّف العوامل" يقوم بتحديد العوامل الموجودة ومكان كل منها وحالته، مما يسمح بالاتصال به وتشغيله عند الحاجة. ويستعمل المصرِّف "بنية تحتية تواصلية" تتيح للعوامل الوصول إلى معلومات بعيدة أو الاتصال بعوامل موجودة في حواسيب أخرى أو الانتقال نحو تلك الحواسيب. ويضع مصرِّف العوامل تحت تصرف هذه الأخيرة موارد للتطبيق المحلي، من قبيل استعمال الذاكرة أو الوصول إلى ملفات موجودة على القرص، لكنه في الآن ذاته يحد من حرية تلك العوامل. فحين يصل عامل متحرك إلى حاسوب معين على سبيل المثال، فإنه يعامَل معاملة "غريب"، إذ يتعين عليه أن يقيم الدليل على أنه مسموح له بالتطبيق في ذلك الحاسوب، وحتى حين يفعل ويبدأ في الاشتغال، فإن كل المهمات التي يقوم بها تخضع لمراقبة مصرِّف العوامل، كيلا يدخل العامل مثلا إلى معلومات خاصة بشخص آخر أو يُدخل تغييرا على تلك المعلومات. وعلى

سبيل المثال، فإن في المحيط التطبيقي المتوفر اليـوم للغـة Java، التـي يشـيع استعمالها في مجال الشبكة العالمية، كثيرا من الوظائف المكونة لمصرِّف عوامل.

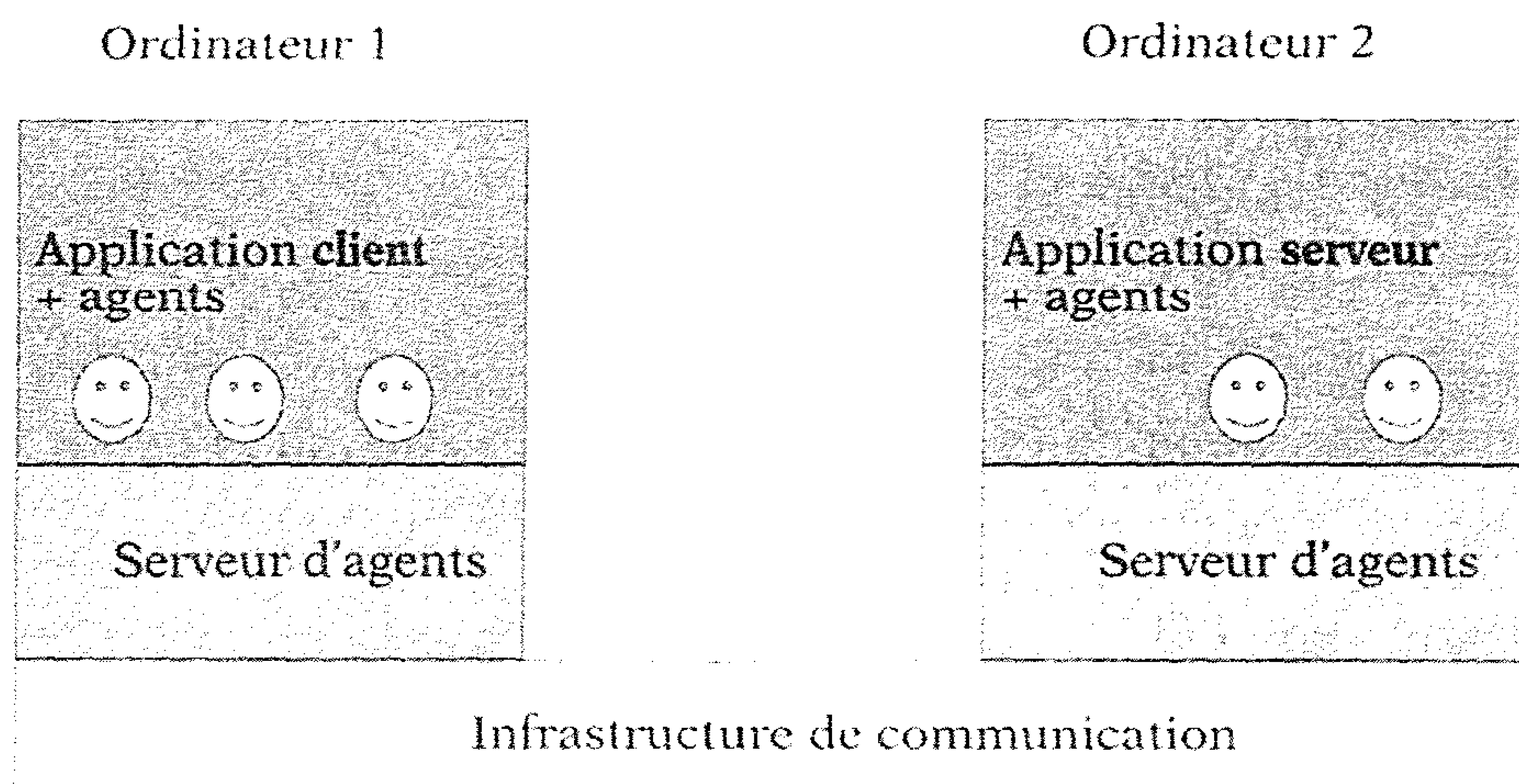


Figure 3 – Plateforme d'exécution.

لنفرض أن الأمر يتعلق مثلا بتطبيق من نوع "تطبيق الزبون"، معتمد علـى عوامل، عند موزع كبير للآلات والأجهزة الفوتوغرافية، قادر على البحـث عـن آلات تصوير رقمية والتفاوض حول سعرها مع عدد من الصانعين. فكل واحد من هؤلاء يتوفر على "تطبيق مصرِّف" يمكنه من مساءلة قائمة السلع المتـوفرة لديـه لأجل إنجاز عملية بيع متفاوض عليها. فحين يصل "عامل زبون" متخصـص فـي البحث عن البضائع إلى حاسوب البائع، فإنه يتفاعـل مـع عامـل محلـي يمـده بالمعلومات حول البضائع المعروضة للبيع. حتى إذا عثر عامـل الزبـون علـى البضاعة التي تهمه، عاد إلى حاسوب الموزع فأبلغ المعلومات المتعلقة بهـا إلـى عامل آخر متخصص في التفاوض على عملية الشراء، يقوم من جهته بالاتصـال

بنظيره لدى الصانع لأجل الاتفاق على ثمن يُدخل في الحسبان الكمية المطلوبة ومكان التسليم وشروطه وشرط الأداء وغير ذلك. وبطبيعة الحال، فإن هذا لا يكون ممكنا إلا إذا سبقه وضع نموذج مشترك للمفاوضة.

مثال من الاستغلال التجاري

يستعمل دليل الشراء Kelkoo.com الموجود على شبكة إنترنت عوامل تقوم عليها الخدمات التي يقدمها في مجال البحث عن البضائع ومقارنة الأسعار. أما الإشكال فهو كالتالي. لنفرض أنك تريد شراء كتاب، وليكن ذلك الكتاب هو "حمار الوحش" من تأليف Alexandre Jardin. فالبحث سيستدعي منك الارتباط بالشبكة والبحث فيها عن الموقع الذي يوفر لك أفضل شروط السعر والتسليم. حينه ستكتشف أن كل واحد من هذه المواقع (ولتكن مثلا مواقع La Fnac وAlapage وBol) يمتلك تنظيما خاصا وطريقة مختلفة في البحث عن السلع وفي تقديم المعلومات.

يساعدك عندها دليل مثل Kelkoo إذ يتيح لك أن تعبر ببساطة عما تريد شراءه – كتاب عنوانه "حمار الوحش" ومؤلفه Alexandre Jardin – ثم يضطلع بالبحث لك عن البضاعة المنشودة في كل المواقع التي من الممكن أن تكون متوفرة فيها. وفي النهاية تحصل على نتيجة مفصلة وواضحة، تبين لك الباعة الذين يعرضون البضاعة وشروط السعر والتسليم التي يقترحونها. وأنت في كل هذا لم تعلم أن طلبك قد أعيدت كتابته على شكل طلب مكتوب باللغة المعيارية (langage standard) المعروفة باسم SQL، تجري معالجته بواسطة بنية تحتية مختصة في "وساطة المعلومات" تعتمد على عوامل مكتوبة في لغة Java (شكل ٤)

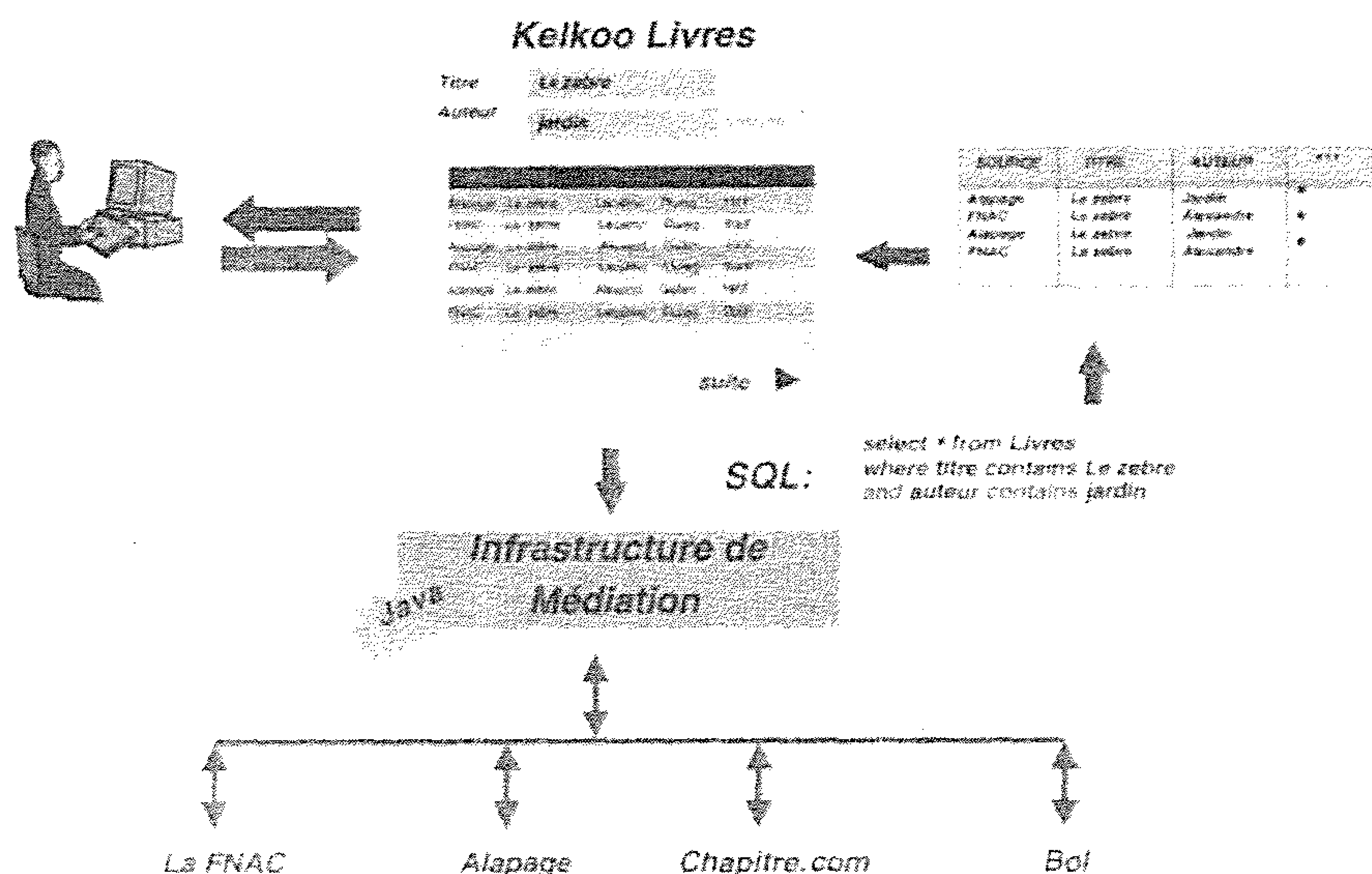
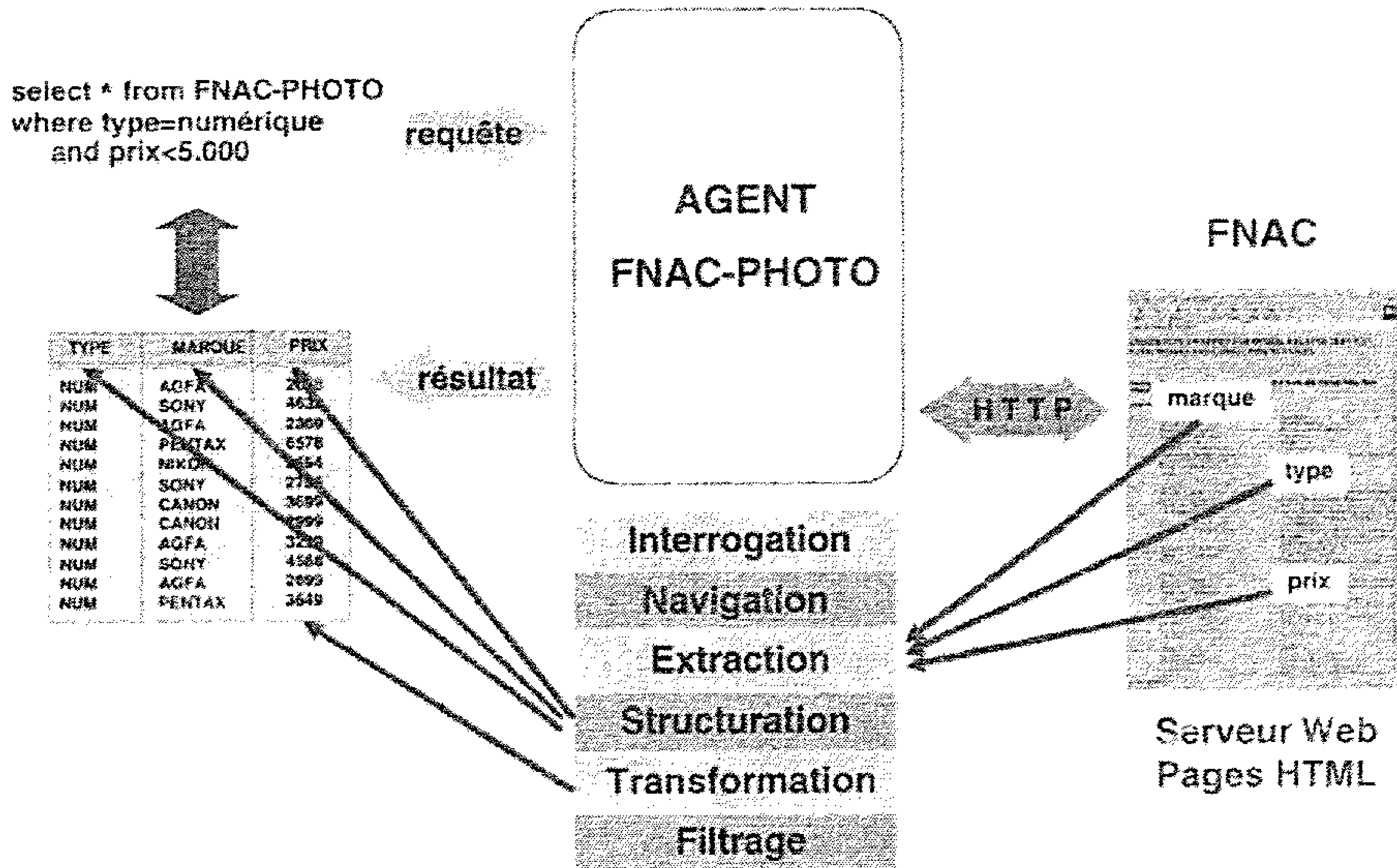


Figure 4

في مقابل كل موقع إلكتروني، هناك عامل متخصص يأخذ على عاتقه كل المهام اللازمة لأجل الحصول على المعلومة المنشودة، كالارتباط بالموقع، ومساءلته عما إذا كان يبيع الكتاب المطلوب، والانتقال بين عدد كبير من الصفحات إذا لزم ذلك لأجل استخراج المعلومات المطلوبة، من مواصفات السلع وأسعارها وشروط تسليمها وغير ذلك. بعد ذلك يجري تجميع المعلومات التي حصلت عليها العوامل المختلفة، وتقديمها في صورة جواب واحد على شكل لائحة هي التي تشكل قاعدة ما سيعرض على الشاشة أمام المستعمل.

لإعطاء صورة مفصلة عن الوظائف التي تضطلع بها عوامل Kelkoo، لنفترض حالة عامل يتلقى طلبا بشأن معلومات حول آلات التصوير الرقمية المعروضة على موقع La Fnac بسعر يقل عن خمسة آلاف فرنك. فأول ما سيفعله هذا العامل هو أن يرتبط بالموقع ليتفاعل معه باستعمال البروتوكول http (اختصارا لعبارة Hyper Text Transfer Protocol)، ويسائله عن البضائع

المعروضة للبيع. عند ذلك يجيبه الموقع بإرسال صفحات من مقطع HTML يتعين على العامل تحليلها ليستخرج منها المعلومات التي يبحث عنها (من مواصفات وسعر وغير ذلك)، مما قد يلزمه بالتنقل عبر صفحات عديدة. بعد ذلك يجري تصفيف المعلومات المحصل عليها ووضعها في لائحة مع إدخال بعض التعديلات عليها إذا لزم ذلك، من قبيل توحيد الأسعار جميعها بالأورو أو بالفرنك الفرنسي. وفي النهاية يقوم العامل بفرز المعطيات كي لا يبقى منها إلا ما يستجيب للمعايير المعبر عنها في الطلب الذي تلقاه، أي ما تعلق بآلات التصوير الرقمية التي لا يزيد سعرها عن خمسة آلاف فرنك.



وظائف العوامل

لقد أنشأ Kelkoo ما يناهز ٢٠٠٠ عامل لتوفير هذه الخدمة في كثير من البلدان الأوروبية والأمريكية اللاتينية. وقد أمكن فعل ذلك بفضل توحد البنيات الداخلية في العوامل جميعها، وكون صانعيها قد اعتمدوا في عملهم على صندوق أدوات يتيح نشرها في محيطات مختلفة وتدبيرها وصيانتها.

من البحث إلى التصنيع والتسويق

لقد جرى تطوير تكنولوجيا العوامل التي يستعملها Kelkoo، جرى تطويرها في الأصل على يد Bull وكذا INRIA في مجموعة المصالح الاقتصادية (GIE) المعروفة باسم Dyade، قبل أن يشتريها Kelkoo. فقد أدت ثلاث سنوات من العمل إلى إنتاج نسخة اختبارية من برنام يُكون عوامل وساطة المعلومات وبنيتها التحتية. بعد ذلك جرى تصنيع نماذج من تلك النسخة الأولى قصد جعلها أكثر قوة ومقدرة، كما جرى تطوير صندوق الأدوات المكلف بإنتاج العوامل وإدارتها. وقد كانت هذه المسألة الأخير من الأهمية بمكان، لأنه من الضروري إنتاج عوامل بطريقة موثوق بها وفعالة، كما من الضروري ضمان حسن اشتغال تلك العوامل واستمراره.

وقد واكب المجهود الصناعي مجهود مواز في مجال الاستكشاف التجاري، بدءا بمجال الاتصالات الداخلية في كبريات المقاولات والإدارات، لأن تلك التكنولوجيا المطورة تتيح معالجة مشكل أعم، هو مشكل الوصول إلى معلومات غير متجانسة موزعة على شبكة من الحواسيب. ثم سرعان ما تطورت هذه النظرة لتتجه صوب الاستغلال التجاري في مجال إنترنت، حيث تجسد هذا الاستغلال في بادئ الأمر على شكل عقد يتيح إنشاء خدمة دخول إلى مواقع الإعلانات المبوبة (من قبيل السيارات والدراجات النارية والتشغيل والعقار) على بوابة فرنسية كبرى. وفي الأخير رسا الاختيار على إنشاء بوابة دليل شراء يقدم الخدمات المذكورة أعلاه، ويستغل استغلالا جيدا تقنيات البرمجة المعتمدة على العوامل.

الباب الثالث

المجتمع المعلومياتي
نحو مجتمع التواصل ومجتمع المراقبة

نمو ظاهرة الإنترنت وتطورها[1]

بقلم جون-فرانسوا أبراماتيك

Jean-François ABRAMATIC

لمحة تاريخية

ظهرت تقنية الإنترنت إلى الوجود منذ ثلاثين سنة مضت. وكانت في الأصل عبارة عن شبكة تتركب من شبكات متعددة من الحواسيب، رأت النور في أوساط التقنيين الإعلاميين الذين وضعوها قصد تبادل المعطيات والبرامج أو الاشتراك فيها. وتعود التجارب الأولى التي قادها مبتكرو الإنترنت إلى عام ١٩٦٩، حيث انحصرت الظاهرة يومذاك في أربعة حواسيب جُهِّزت بها جامعات في ولاية كاليفورنيا، فكونت بذلك أول شبكة للحواسيب قائمةٍ على أساسِ تواصلٍ عن بعدٍ متعددِ الأطراف. وما إن هلت سنة ١٩٧١، حتى كانت الشبكة قد انتشرت لتعم القارة الأمريكية بأجمعها. بعد ذلك طفق نظام الإنترنت خلال السبعينات ينتشر ويرسخ جذوره على المستوى الدولي، وخصوصا في الأوساط الجامعية ومرافق البحث العلمي. ولا غرو، فالهندسة المعمارية التي يقوم عليها نظام الإنترنت تتيح لكل شبكة جديدة أن ترتبط بالإنترنت عبر إقامة ارتباط بشبكة أخرى "عضو" في الإنترنت.

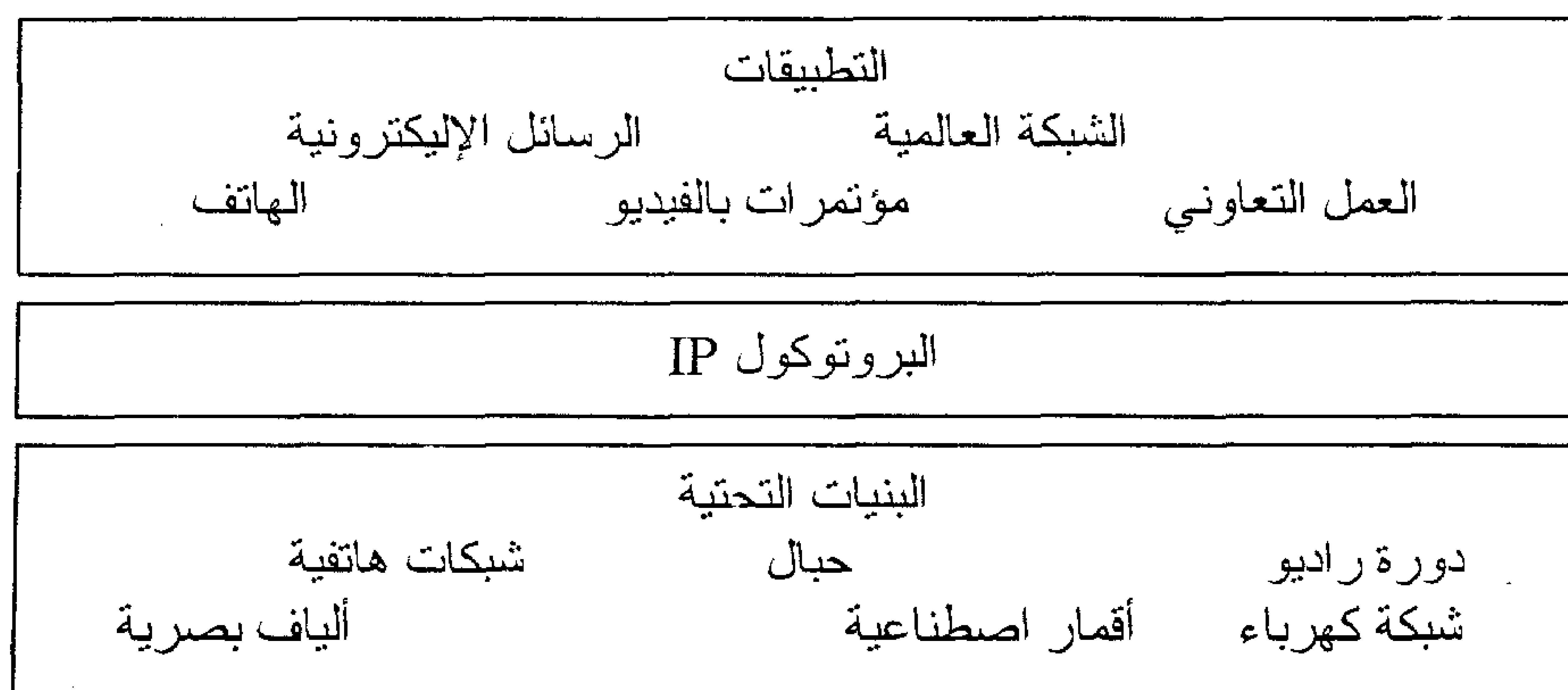
فإنترنت هي عبارة عن بنية تحتية بِرْنامِيّة تتيح بناء شبكة من الشبكات تفوق في الأداء أي بنية تحتية تواصلية كيفما كان نوعها. وبطبيعة الحال فإن البنية التحتية التي كانت سائدة خلال السبعينات تأسست على يد العاملين في مجال الخدمات الهاتفية، وهي بنية يستغلها نظام إنترنت دون أن يتدخل لتغيير بنيتها المعمارية الأولية.

---

(١) نص المحاضرة رقم ٢٥٦ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٢ سبتمبر ٢٠٠٠.

ولقد سرت بين الناس حكايات وأساطير متعددة حول أصل نظام الإنترنت، من بينها على وجه الخصوص الإشاعةُ التي مفادها أن وزارة الدفاع الأمريكية كانت وراء تمويل الأبحاث التي تمخضت عن القواعد الأساس في نظام الإنترنت، وهي إشاعة أوفاها المختصون حقها من النقد والتحليل. والحق أنه لا جدال في ما كان لهذا التمويل – أيا كان مصدره –من أهمية قصوى، إذ إنه قد أتاح للباحثين السير قدما في أشغالهم؛ لكن العنصر الهيكلي الجوهري يكمن في أن هؤلاء الباحثين لم يكن متاحا لهم الاطلاع على الخاصيات الداخلية التي تقوم عليها شبكات الاتصال عن بعد، مما حملهم حينها على ابتكار هندسة معمارية أحيل فيها الذكاء إلى أطراف الشبكة لا إلى قلبها، فكان هذا الاختيار محور نجاح إنترنت.

قام نظام إنترنت إذن على بروتوكول عالمي شامل وبسيط معا، هو بروتوكول IP (اختصارا لعبارة Internet Protocol)، الذي يتيح لكل حاسوب في الشبكة إرسال معلومات إلى حاسوب آخر أو تلقيها منه. وهذا البروتوكول هو في واقع الأمر عبارة عن طبقة عازلة تفصل بين التطبيقات (أي الخدمات) وبين البنية التحتية في الشبكة، كما هو مبين في الشكل (١). وتمنح هذه البنية الهندسية نظامَ إنترنت خاصياته المميزة، من قوةٍ وقدرة على الانتقال إلى مستوى أعلى وانفتاحٍ على التجديد والابتكار.



شكل (١) الهندسة المنطقية للإنترنت

وبالفعل فإن بإمكان كل إسهام جديد أن يستفيد مباشرة من الابتكارات التي تنتجها مبادرات أخرى. ويستقي نظام إنترنت نجاحه من قدرته على الإفادة من أشكال التقدم التكنولوجي في جميع المستويات (وسائل الاتصال والبروتوكولات الأساس والوسائل المعلومياتية والبرنامات والمضامين).

وبذلك فإن نظام إنترنت لن يلبث أن يصبح قطبا لتقارب التقنيات المعلومياتية والسمعية البصرية والاتصالية البعدية جميعا. وإذْ لم يكن بمقدور مخترعي إنترنت في بداية السبعينات أن يتصوروا بأن شبكة الشبكات ستحمل ذات يوم إشارات رهينة بالزمن كالصوت والصورة المباشرين، فإنهم قد أقاموا بنية مفتوحة قمينة بأن تُدمج هذه الإشارات في إطارها مع مطلع القرن الواحد والعشرين، وذلك بفضل إمكانات التقدم التكنولوجي الذي تحقق على مدى ثلاثين سنة.

ما هي يا ترى تطبيقات إنترنت ؟

هناك نوعان اثنان من التطبيقات هما الأكثر شيوعا: البريد الإلكتروني والشبكة العالمية.

أما البريد الإلكتروني، فهو خدمة تُعد من بين أقدم الخدمات التي يقدمها نظام إنترنت، وهو اليوم مكون أساس من مكونات هذا النظام، إذ جعلت منه منظمات متعددة عبر العالم نمطها التواصلي المتميز، بل وصار حضور شخص ذاتي معيّن على إنترنت رهينا باستعمال ذلك الشخص عنوانا إلكترونيا خاصا به.

وأما الشبكة العالمية، فهي تطبيق حديث لا يتجاوز عمره عشر سنوات، كان له الدور الأساس في نشر نظام إنترنت بين العموم. ويرجع الفضل في ذلك إلى كون هذه الشبكة تتيح للمستعمل الولوج في فضاء المعلومات المعد لهذا الغرض من قبل مزوّدي النظام بالمضامين. ويكفي أن نقول إن هذا التطبيق يشغل اليوم

وحده حصة الثلثين من استعمالات إنترنت على النطاق الدولي. ولئن كان نقل الملفات وتبادلها بين الحواسيب أمرا متاحا منذ اختراع الإنترنت، فإن ظهور شبكة web أتاح للجمهور العريض إمكان الاستفادة من هذه الخدمة بكل سهولة. وهناك تطبيقات وخدمات أخرى متعددة يجري تطويرها منذ بداية التسعينات، منها تقنية الهاتف وتقنية تنظيم المؤتمرات عن بعد بواسطة الفيديو وغيرها من التقنيات.

من تنوع الشبكات إلى الاتصال الكوني

كان من شأن تعميم استعمال البروتوكول IP لأداء خدمات جديدة، أن شجع الممونين في مجال الأدوات والخدمات الاتصالية البعدية على منح نظام إنترنت بنيات تحتية جديدة. فبالإضافة إلى البنيات التحتية الأساس في مجال الاتصال (من ألياف بصرية وشبكات هاتفية سلكية)، أصبح من الممكن استعمال إنترنت على الشبكات الهاتفية النقالة والأسلاك، وكذا شبكات الراديو والأقمار الاصطناعية والشبكات الكهربائية.

وهكذا فإن وفرة وسائل البنية التحتية الاتصالية المتاحة تمكن من إضفاء طابع كوني على استعمال إنترنت. ومن ثم انبثقت خلال التسعينات فكرةُ طَموح تقضي باتخاذ إنترنت بنيةً تحتية أساسا يقوم عليها مجتمع الإعلام.

تطور نظام إنترنت وتطبيقاته

بذلك تجاوز نظام إنترنت حدود مختبرات البحث في منتصف التسعينات، لتنبثق منه مهن وتنظيمات ووظائف جديدة في إطار المقاولات والتنظيمات الموجودة. ولمواجهة تحديات المد الكوني، ومن أجل أن يكون تطور التطبيقات ممكنا، كان من اللازم التوفر على قاعدة أساسٍ مشتركة من البروتوكولات واللغات. لذلك أقام نظام إنترنت منذ نشأته نسقا للتطور في إطار منظمة تسمى

(Internet Engineering Task Force IETF)، وهي المنظمة التي ما فتئت إلـــى اليوم تمثل مجالا تتبلور فيه النقاشات حول ما يشهده نظام إنترنت مـــن تطـــورات تقنية. وهكذا انتشرت ثقافة تقوم على تصور البنية التحتية تصورا جماعيا مشتركا، وهي ثقافة تستند إلى مبدأ أساس مفاده أن مكونات إنترنت الرئيسةَ ينبغي أن تكون في ملك أعضاء المجموعة كافة، وذلك تشجيعا للمبادرات الخلاقة المبدعة. وقد آتى ذلك أُكله في شكل مبادرات كان أشهرَها اختراعُ شـــبكة www علـــى يـــد Tim Berners-lee الذي كان يشتغل باحثا بمعهد الدراسات والأبحاث CERN بجنيـــف. وبذلك أصبح بإمكـــان خصوصـــيات مكونـــات شـــبكة web الأوليـــة – ونعنـــي البروتوكول الخاص بها، أي بروتوكول HTTP (اختصارا لعبـــارة Text Hyper Transfer Protocol)، وكذا لغتها الخاصة – أن تتحد جميعها في إطـــار منظمـــة IETF وتجد مكانها في إطارها.

وفي سنة ١٩٤٤ كان للنجاح الذي أحرزتـــه شـــبكة www العالميـــة أثـــر تحفيزي شجعTim Berners-Lee على ابتكار نظام جديد هو World Wide Web Consortium، المعروف اختصارا باسم W3C، يتولى تنميـــة وظـــائف جديـــدة للشبكة. ومنذ ذلك الحين شهد اتحاد الشبكات هذا انتشارا مكنه من استقطاب أكثـــر من ٤٠٠ تنظيم في خريف عام ٢٠٠٠، مما مكن W3C من تطوير ما يزيد علـــى العشرين تخصيصا. فقد حل محل IETF، فطور نسق HTML، كما أنه عمل على نشر XML وكذا لغات جديدة تتعلق بتمثيل المعطيات البيانية، كالإشارات متعـــددة الوسائط مثلا. كما أن W3C يهتم أيضا بتخصيصات ترتبط باستعمال شبكة Web من قبل الشركة، وتعنى هذه التخصيصات بحماية المعطيات الشخصية وكذا التوقيع الإلكتروني، كما تعنى بحماية حقوق الملكية الفكرية. وبشكل تقاطعي مع جميع هذه الوظائف، يجتهد W3C في التوفيق بين هذه التخصيصات واستعمال شـــبكة Web من قبل الأشخاص ذوي العاهات، وذلك بفضل مبادرتـــه المعروفـــة باســـم WAI (اختصارا لعبارة Web Accessibility Initiative، أي "مبادرة تيسير الولوج إلـــى الشبكة")

وكما هو الشأن بخصوص IETF، فإن النتائج التي حققها W3C أصبحت في متناول الجميع. وهكذا بات ممكنا لكل مبدع جديد استعمال التخصيصات السالف ذكرها لنشر منتوجات أو خدمات جديدة، مع ضمان إمكانية توافقها إجرائيا مع المنتوجات والخدمات المتوفرة قبلها أو التي ينشرها مبدعون آخرون.

التحديات الجديدة التي تواجه نظامي إنترنت والويب

تحديات تقنية

لئن كان نظام إنترنت يستمد قوته من قاعدة أساس قائمة، وكذا من زخم مسار تطوري أكيد، فإنه يجد نفسه أمام تحديات جديدة تعترض سبيل تقدمه نحو اكتساب بنية تحتية كونية، إذ يتحتم عليه في المقام الأول أن يكون قادرا على الوصول إلى مجموع الساكنة، مع توفير خدمات جيدة لزبنائه كافة. ومن جهة ثانية، فإن عليه أن يكون قادرا على إغناء مجموع المعلومات المتوفرة، مع إدماج الإشارات الزمنية من قبيل الصوت والفيديو. وأخيرا، فإن من اللازم أن تكون خدمات إنترنت متوفرة من خلال آلات متنقلة.

تحديات تواجه نشر نظام إنترنت

بعد أن يتحقق وجود التكنولوجيات الجديدة، يكون من اللازم ضمان نشرها وجعلها رهن إشارة المستعملين.

وقد اعترضت سبيل إنترنت صعوبات في مجال نشر النسخة الجديدة من بروتوكول IPالمسمى IPV6، كما أن إصدار النسخ الجديدة من بروتوكول HTML، وكذا إدراج نظام XML ومشتقاته، كلها عمليات تستلزم تكاليف استثمارية باهظة، مما يحتم على هذه المنتوجات العمل على إيجاد المسوغات الاقتصادية اللازمة لتحقيق نجاحها.

تحديات كسب الثقة

لكي يصبح نظام إنترنت هو بنية مجتمع الإعلام التحتية، فإنه مـن الـلازم ضرورةً أن يجد فيه المستعملون مجالا جديرا بالثقة والاطمئنان. ولا بد لأجل ذلك من أن تُدرس قضايا ضمان تأمين المعطيات، وكذا تلك الخاصة بحماية المعطيـات الشخصية والحماية ضد المحتويات المحظورة. كما أن قضية تدبير حقوق الملكيـة الفكرية ينبغي أن تدرس في جوانبها المتعددة (حقوق ملكية المحتويـات وحقـوق الملكية الصناعية على وجه الخصوص). وهناك مبادرات جديدة قيد الاشتغال حول هذه المواضيع جميعها، بيد أنه إذا كان تطور التكنولوجيات اللازمة قد حقق تقـدما ملموسا، فإن نشرها ما فتئ في العديد من الحالات يبحث عن النماذج الاقتصـادية الملائمة لذلك.

تحديات التوق إلى اكتساب بعد كوني

لن يكون نظام إنترنت جديرا أن ينعت بأنه أحرز بعدا كونيـا إلا إذا بـذلت جهود حثيثة لإيجاد الحلول الملائمة لنشره على النطاق الدولي بشكل يجعله قـادرا على استيعاب مختلف أنواع اللغات والثقافات. كما أن تحقيق هدف الإحراز علـى صفة الكونية يتطلب بذل جهود خاصة في مجال إتاحة ولوج النظام بشكل يمكن كل مستعمل - مهما كانت وسائله وأدواته بسيطة - من أن يصـل إلـى المعلومـات المتوفرة على الشبكة.

مستقبل الشبكة العالمية:
جعل الحواسيب في خدمة المستعملين

سوف يصبح من الممكن القول إن الشبكة العالمية حققت اسـتغلال طاقتهـا كاملة متى أصبحت هذه الشبكة بالأساس مجالَ إعلامٍ كونياً شاملا، أي مجالا يتـاح لكل فرد أن يمارس فيه أنشطة شخصية (من قبيل كتابة مقال مثلا أو نشر صـورة

عائلية أو ما إلى ذلك) أو أنشطة جماعية في إطار فريق أو منظمة، أو أن يشاطر فيه الجمهور العريض معلومات معينة. ولتحقيق ذلك ينبغي للشبكة أن تتحول إلى وسيلة تواصلية تماثلية تمكن الناس جميعا، وبالسهولة ذاتها، من الكتابة (أو النشر) والقراءة (أي التنقل عبر مختلف المرافق قصد الاطلاع).

غير أنه عندما تقترب الشبكة من تحقيق هذا الهدف الأولي بفضل تعميم الربط الدائم والأدوات الإجرائية التي تكون موضوعة رهن إشارة الجمهور العريض، فإن مجموع المعلومات المتوفرة سوف يتضاعف بشكل سريع حدّ الإفراط، مما سيجعل المستعمل عاجزا عن العثور على المعلومات التي يحتاج إليها، ما لم تساعده الآلات في ذلك. ولكي تتأتى هذه المساعدة، ينبغي أن تزوَّد الآلات بمعلومات "مفهومة" يمكنها أن تنجز عليها العمليات اللازمة (من بحث وتوثيق وتقييم)، وهي العمليات التي تتيح للمستعمل استغلال وقته في الاستفادة من المعلومات المستخلصة بدل إضاعته في البحث عنها أو محاولة التحقق منها.

ولكي يمكن لمجال إعلامي من هذا القبيل أن ينمو وينتشر، فإن على الشبكة أن توفر – عدا المعلومات التي تفيد المستعمل مباشرة – معلومات أخرى مفيدة في جعل الآلات قادرة على إجراء العمليات اللازمة والقيام بالمهام التكرارية التي تؤول إليها.ولذلك يقال إن على الشبكة أن تحتوي على "معطيات واصفة" أي على "معلومات حول المعلومات" يمكن استغلالها من قبل الحواسيب. ويعرف هذا الجيل الجديد من الشبكات باسم الشبكات الدلالية. وقد تجسدت أولى مكونات هذا النوع من الشبكات في استعمال لغة RDF (اختصارا لعبارة Resource Description Framework)، الموظفة في W3C. وتتيح الشبكة العالمية اليوم إمكانية الولوج إلى وثائق (تتضمن على العموم نصوصا وصورا)، كما تتيح أيضا إمكانية الولوج إلى أصناف من قواعد المعطيات تكون المعلومات مرتبة فيها وفق بنية محددة مسبقا. غير أن استغلال هذه المعطيات يظل إلى حد اليوم أمرا مستعصيا على الجيل الحالي من الشبكات، حيث لغة تمثيل المعلومات هي HTML. ولكي تتمكن

الحواسيب من استغلال المعلومات التي تتضمنها بنية قواعد المعطيات تلك، فإن على الشبكة أن تستند إلى لغة تتيح وصف هذه البنية. وقد جرى تسخير XML في W3C بالخصوص قصد الاستجابة لهذا الغرض، كما أن نظام XML سوف يستعمل أيضا لوصف المعطيات التي تكون جاهزة مسبقا على الشبكة، وذلك بفضل تجسيد لغة HTML في شكل جديد يسمى XHTML. ويضمن XML، بالإضافة إلى ذلك، المحيط الضروري لوصف معطيات أخرى من قبيل المعطيات البيانية أو المتعلقة بالإعلام متعدد الوسائط مثلا.

وفي الختام فإن جاهزية XML لاستعمالات جديدة مكنت أيضا من مقاربة مسألة نقل المعطيات، وقد أصبح هذا الاستعمال الوظيفي اليوم أساسا في تطور نظام الشبكة العالمية، إذ إنه يتيح مثلا مقارنة مسألة استقلالية المعطيات بالنسبة إلى الآلات الأطراف Les terminaux التي يجري استعمالها للاطلاع على تلك المعطيات. ولكي تصبح الشبكة مجالا إعلاميا كونيا، فإن من الضروري أن تكون المعلومات المخزنة فيها محفوظة في ترتيب مستقل عن الحاسوب المستعمل لقراءتها (لنستحضر على سبيل المثال مسألة توقيت القطار، الذي قد يحتاج المرء – حسب ظروف المكان والزمان – إلى معرفته باستعمال جهاز حاسوب شخصي أو هاتف محمول أو حتى جهاز تلفاز).

خاتمة

لقد شهد نظاما إنترنت والشبكة العالمية نجاحا باهرا، في الوقت الذي كانت فيه المنتوجات والخدمات المتوفرة لا تزال بعد رهينة بالمرور عبر تطورات متعددة للوصول إلى ضمان استعمالات وظيفية جديدة. وإن من شأن التوافق الحاصل بين ميادين المعلوميات والاتصالات البعدية والمجال السمعي البصري، أن يفتح أفاقا واسعة ليس من اليسير أن تُتصور لمداها حدود.

إن تشجيع التواصل بين بني البشر غالبا ما انبثقت عنه على المدى الطويـــل آفاق لصالح الجميع. و إن نظامي إنترنت والشبكة العالمية يتيحان أنماطا جديدة في مجال التواصل يجدر بنا جميعا أن نجتهد في استغلالها، بل وفي إغنائهـــا وتيســـير سبل استعمالها ما أمكن الإغناء والتيسير.

الشبكة العالمية، من النص إلى المعرفة(٢)

بقلم صوفي كلوويه
Sophie CLUET

مكتبة عالمية تسودها فوضى عارمة

الشبكة العالمية عبارة عن مجموعة من الوثائق التي يمكن الوصول إليها عبر شبكة الإنترنت. وتلك الوثائق في الغالب صغيرة الحجم (إذ يتعلق الأمر غالبا بصفحات لا بوثائق)، وهي متصلة فيما بينها وبعضها يحيل إلى بعض، بحيث تكون بنية أشبه ما تكون بشبكة عنكبوت (web بالإنجليزية) خيوطها الإحالات وعُقدها الوثائق.

لقد كان استعمال الشبكة بادئ الأمر - بعد أن أقامتها مجموعة بحث من معهد CERN - وقفا على المجتمع العلمي، لكنها سرعان ما انتقلت من تلك الحال إلى حال أصبحت فيها اليوم عبارة عن بنك معلومات ضخم مترامي الأطراف لا يدع بابا إلا طرقه، في حين لا يستعصي دخوله هو على أحد. ويقدر حجم الشبكة حاليا بنحو مليار من الصفحات، وهو رقم تشير التقديرات إلى أنه سيتضاعف مائة مرة خلال السنتين القادمتين. وإذا كانت بعض الصفحات لا تتاح قراءتها إلا لمشتركين معينين، فإن عددا كبيرا منها مفتوح للناس جميعا، تضعها مجانا رهن إشارتهم مؤسسات مهمتها الإعلام، وشركات تتخذ الشبكة وسيلةً للإشهار والبيع، وأشخاص يريدون اقتسام معلوماتهم مع الناس.

أما السر في هذا الاتساع السريع، فيعود إلى الحرية التي يتميز بها هذا المجال، إذ ما من أحد إلا ويستطيع أن يضيف عقدته الخاصة إلى الشبكة (رغم

(٢) نص المحاضرة رقم ٢٥٧ التي ألقيت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٣ سبتمبر ٢٠٠٠.

محاولات بعض البلاد الرامية إلى تقنين ذلك). غير أن لكل شيء ثمنا، وثمن الحرية هنا هو الفوضى العارمة التي تطبع الشبكة. فتخيل معي مكتبة واسعة الجنبات مترامية الأطراف يدخلها من شاء وقتما يشاء، فيسيف إلى رفوفها، لا كتبا، بل وريقات يضعها حيثما اتفق، ولا يملأ بشأنها أية بطاقة وصفية تتيح لمن أرادها العثور عليها. وماذا يستطيع الباحث يبحث عن وريقة لا يعلم مكانها، سوى أن يقلب وريقات المكتبة الواحدة تلو الأخرى حتى يعثر ببغيته. وإذ من المعلوم أن الأمر يتعلق بمئات من ملايين الصفحات، فمن الواضح أن عملا كهذا العمل ليس بمقدور الكائن البشري إنجازه.

لكن الحاسوب على ذلك قادر...

مكتبات فاتها الركب وعفا عليها الزمن

أما مهمة البحث عن الوثائق في مكتبة الشبكة العالمية، فتتولاها برنامات إعلامية يسمونها "محركات بحث" (منها على سبيل المثال Voilà وAltavista وGoogle)، تعتمد في عملها على برامج يسمونها Robots، أي "الكائنات الآلية" (ويدعونها بالإنجليزية crawlers أو spiders)، لا تني تذرع الشبكة دون توقف. أما مساراتها، فتنطلق من العناوين الإلكترونية الدالة على بعض الوثائق (أي من بعض عقد الشبكة)، وتسري عبر الروابط الإحالية التي تصل الوثائق ببعضها (أي عبر خيوط الشبكة). وبما أنها لا تدع صفحة في الشبكة إلا قلبتها، فإن ذلك يتيح إقامة فهارس تمكن من العثور على كل الصفحات التي تحتوي على كلمة معينة.

غير أن كلمة واحدة قد تظهر في آلاف أو ملايين من الصفحات، يتطلب استعراضها جميعا أياما عديدة. ولذلك فإن جودة محرك بحث معين ستكون رهينة بقدرته على فرز الصفحات التي يقلبها. وتُستعمل لأجل ذلك تقنيات مختلفة، تتيح إحداها للمستعمل أن يبحث عن جمل كاملة أو أشباه جمل تربط بين كلمات معينة (مثل البحث مثلا عن كلمة "سرعة" مرتبطة بكلمة "فهد")، وتتيح واحدة أخرى

اختيار صفحات معينة "يتبين" أنها مهمة. ولأجل تحقيق ذلك يجري اللجوء إلى تقنيات قياس متعددة، تعتمد إحداها على عدد الإحالات التي ترتبط بكل وثيقة. أما محركات البحث الحديثة التي جرى تطويرها مؤخرا (مثل Askjeeves أو Zapper)، فتستعمل تقنيات لتحليل اللغة الطبيعية (أي البشرية)، وتضع رهن إشارة المستعمل إمكانية البحث عن مفاهيم عوض البحث عن ألفاظ (فمفهوم السرعة مثلا يمكن التعبير عنه بطرق متعددة، كالكيلومتر في الساعة أو خفة الحركة أو غير ذلك)، أو البحث عن ألفاظ لكن داخل سياق معين (كالبحث مثلا عن لفظة "فهد"، لكن في سياق العلوم الطبيعية). غير أن تقنيات تحليل اللغة الطبيعية لا تزال للأسف غير محكمة بما يكفي، والتقنيات الموجودة اليوم تصلح لمعالجة عدد محدود من الوثائق ومساءلتها في موضوع معين، أكثر مما هي قادرة على معالجة ملايير من الصفحات تغطي عددا كبيرا من المواضيع. وما من أحد اضطر يوما إلى استعمال أحد محركات البحث هذه إلا ويعلم أنه حتى الأجود من بينها لا يأتي دائما بنتائج مرضية، إذ يقلب مئات من الصفحات لا جامع يجمعها بموضوع البحث.

تعتمد محركات البحث كامل الاعتماد على استعمال المعلوميات، وبخاصة منها ما يتعلق بالذكاء الاصطناعي. أما البوابات (les portails)، فتعتمد بالأساس على الذكاء الإنساني. ونستعيد هنا المقارنة بعالم الكتب المطبوعة فنقول إن البوابة أشبه ما تكون بموسوعة لا تتضمن سوى المعلومات الموجودة على الشبكة العالمية، ولا يمكن للمرء تقليب صفحاتها كما يشاء، بل فقط مراجعة المواد الموجودة فيها حسب ترتيب الفهرس. وتهتم غالب البوابات بموضوع محدد (كالتجارة مثلا بالنسبة إلى بوابة Kelkoo)، لكن بعضها (مثل بوابة Yahoo) يراد له أن يغطي المواضيع جميعا. ويستدعي إنشاء كل فقرة من فقرات البوابة أن يقوم المختصون بعمليات هي:

١- البحث في الشبكة عن الصفحات المناسبة؛

٢- تحليل محتوى تلك الصفحات وطريقة تنظيمها؛

٣- وضع فهارس؛

٤- وأخيرا ملء صفحات الموسوعة بمقاطع من نصوص مختارة. وتلك مهمة ضخمة شاقة، متى أدرك المرء مقدار صعوبتها فهم لماذا تكون البوابات ناقصة في الغالب غير مكتملة.

فليس بمقدور أي فريق من الناس - مهما كثر عددهم وحَسُنت عدتهم - أن يتتبعوا كل التعديلات التي يدخلها يوميا على الشبكة آلاف من الناس عبر العالم. أضف إلى ذلك أن الفهارس التي يقترحونها لا يمكن أن تكون مهيأة للجواب على كل الأسئلة التي يمكن أن يطرحها المستعمل. فهناك أسئلة يمكن القول بكل بساطة إنها تستعصي حتى على الصياغة.

XML، أو المعنى كذلك

يمكن القول اختصارا إنه إذا لم يكن هناك حتى اليوم من أداة ناجعة ومرضية بالفعل في البحث داخل الشبكة، فإن ذلك يرجع إلى كون البشر لا يتمتعون بما يكفي من السرعة لتتبع ما يدخل عليها من التغييرات، أو كون الآلات لا تتمتع بما يكفي من الذكاء لفهم محتوى الوثائق التي توجد فيها. وكل الدلائل تشير إلى أن الشبكة سوف تتابع نموها السريع. وبما أنه لا مجال لزيادة سرعة الإنسان، فلا تقدم يرجى في مجال تيسير البحث إلا من جهة الآلات، وهو تقدم قد بدأ بالفعل يؤتي بعض الثمار.

يتعين على من شاء دخول الشبكة استعمال برنام يعرف باسم "الملاح" (navigateur). ونستعيد المقارنة بشبكة العنكبوت فنقول إن الملاح يتيح تَتَبُّعَ خيوط الشبكة عبر "الكبْس" على الإحالات الموجودة في العقد، أي في الوثائق. فإثر كل "كبسة" يقوم الملاح بالبحث عن وثيقة معينة عرضها على الشاشة. وما يراه الشخص الجالس أمام هذه الأخيرة هو نتيجة عملية العرض، وهي مختلفة بعض

الشيء عن النص الذي جلبه الملاح. والنصوص المستعملة اليوم هي من مقاس HTML (اختصارا لعبارة HyperText Markup Language)، وهو شكل من أشكال التمثيل أهم عيوبه أنه لا يمد البرنامات المختصة في تحليل محتوى الوثائق، لا يمدها بأدنى مساعدة.

تقترح مجموعة World Wide Web Consortium (أو W3C) – وهي مجموعة كبيرة تضم أزيد من أربعمائة مؤسسة، من حكومات وشركات ومختبرات بحث، تتحدد مهمتها في البحث عن نماذج تتيح وضع بنية تحتية أفضل للشبكة – تقترح تبني مقاس آخر هو مقاس XML (اختصارا لعبارة eXtensible Markup Language). وكما هو الشأن بالنسبة إلى HTML، فإن الأمر يتعلق بلغة معلومياتية تعتمد النظام القائم على المَعالم (balises، وبالإنجليزية marks). وبمعنى آخر، فإن وثيقة من مقاس HTML أو XML تحتوي نصا تتخلله معالم معينة. غير أنه إذ كانت تلك المعالم تُستعمل في نظام HTML لوصف طريقة عرض وثيقة معينة على الشاشة، فإنها في نظام XML تعطي معلومات عن محتوى تلك الوثيقة. أما طريقة العرض، فيوكل وصفها إلى صفحة أخرى تدعى "ورقة الأسلوب" (feuille de style).

وكي نفهم فهما أمثل هذا الفرق الأساس القائم بين نظامي HTML وXML، سنضرب مثلا بمعلومة معينة لنرى كيف تجري كتابتها في كل من النظامين.

يكتب نظام HTML مثلا ما يلي:

إن راديو السيارة(b)ARX24(/b)هو آخر منتجات المجموعة وهـو يحل محل (b)ARX14(/b)ورغم أنه مجهز بمكبرات صوت قيمتها(i)٥٧٠ فرنكا(/i)، فإن سعره لا يتجاوز(i)١٢٠٠ فرنك(/i).

يحتوي هذا النص على معالم HTML من نوعين مختلفين، وهناك كثير غيرها. فالمَعلَم الأول المرموز إليه بحرف (b)(/b) يحيط بالرمز الرقمي الخاص

بجهاز الراديو، وهو يعني أنه ينبغي عرض هذا الرمز بـــالخط العـــريض (bold بالإنجليزية)، وتقفله علامة / التي تلحق بالحرف. أما المعلم المرموز إليه بحـــرف (i)(/i)، فيعني أن المعلومات التي يحيط بها يجب أن تكتب بالحرف المائل. ولـــئن كان يكفي المرء نظرة واحدة لفهم مثل هذا النص، فليس الأمر كذلك بالنسبة إلـــى البرنامات، إذ قد يقوم برنام تحليل نصوص عامة بقراءته قراءة خاطئة، فـــيفهم أن الأمر يتعلق بوصف بضاعة، لكنها يجمع مثلا بين ما الرقم الـــدال علـــى الســـعر (٥٧٠) وبين ما سيبدو له جُداءً في كتابة ARX24 أو ARX14.

لنر الآن تمثيلا لهذه المعلومة نفسها على طريقة XML، علمـــا أن هنـــاك أنواعا كثيرة من تلك التمثيلات:

(البضاعة)

(مرجع) ARX24 (مرجع)

(نوع)راديو سيارة (نوع)

(السعر)

(القيمة)١٢٠٠(القيمة)

(الوحدة) فرنك فرنسي (الوحدة)

(السعر)

(الوصف) هذا الراديو آخر منتجات المجموعة، وهو مجهز بمكبرات صـــوت قيمتها ٥٩٠ فرنكا

(الوصف)

(البضاعة).

نرى أن النص كله محصور في معلم واحد اسمه (البضاعة)، يحتوي معالم أخرَى تتضمن كل منها المعلومة التي ينبئ اسمها عنها. ولا شك أن فهم هذا النص يستدعي من الإنسان وقتا أطول قليلا مما يستدعيه فهم سابقه، لكـــن لا ننســـين أن النصوص المكتوبة بأنظمة HTML وXML ليست موجهة إلـــى بشـــر بـــل إلـــى

برنامات لن تجد صعوبة في قراءة نص محدد بمعالم ولا في استخراجه واستغلاله. والمثال الذي اخترناه هو بطبيعة الحال مثال بسيط. ولغة XML لا تقوم على مجموعة محددة من المعالم، بل تتيح للمبرمجين أن يضعوا معالمهم الخاصة على النصوص. وهكذا يمكن كتابة النص السابق بطريقة أعصى على القراءة بقليل أو كثير، كأن يقال مثلا:

(مرجع البضاعة = ARX24)
(نو بضا)راديو سيارة (/نو بضا)
(س)١٢٠٠ف (/س)
(وص)هذا الراديو آخر منتجات المجموعة، وهو مجهز بمكبرات صوت قيمتها ٥٩٠ فرنكا (/وص)
(/بضا)

ولا بد من الإشارة هنا إلى أن نظام XML، رغم أنه بالضرورة منظِّم، إلا أنه لا يقصد مطلقا لجم الحرية التي تتميز بها الشبكة العالمية. والراجح أن المستعملين الذين ينشرون المعلومات أو يقرؤونها لن يجدوا كبير فرق بين نظامي HTLM وXLM، إذ إن البرنامات - لا البشر - هي التي سيكون مطلوبا منها التكيف مع الوضع الجديد.

Xyleme أو عامل المكتبة المثالي

رغم كون نظام XLM يتمتع منذ ثلاث سنوات خلت بدعم مجموعة W3C، فإنه ما زال للأسف غير منتشر كبير انتشار على الشبكة العالمية، إذ يمثل حسب علمنا نحو خمسة أجزاء من الألف فقط من مجموع المعلومات التي يمكن الوصول إليها بحرية. وغالب الظن أن المسؤولية في ذلك تعود إلى غياب البرنامات المكيفة مع نظام XML أو ندرتها. غير أن العمل يجري على قدم وساق في تطوير هذا النوع من البرنامات، ومن المنتظر أن نرى منها جديدا خلال سنة ٢٠٠١، حيث

نعتقد أن انقلابا حقيقيا في الأوضاع سيحدث ساعتها لصالح نظام XML، ونحن - أعني فريق عمل VERSO المنتمي إلى معهد INRIA، يساعدنا فريقان صديقان من جامعتي مانهايم والمقاطعة الحادية عشرة في باريس - نعقد على هذا التحول آمالا عريضة، إذ إننا نشتغل منذ سنة على نظام جديد اسمه Xyleme من شأنه أن يستعمل الخاصيات الجيدة التي يتميز بها XLM لأجل تحليل وثائق الشبكة العالمية تحليلا دقيقا وإتاحة البحث بحثا أمثل بين كميات المعلومات التي تتضمنها تلك الوثائق.

لننظر الآن عن قرب في خصوصيات نظام Xyleme. يعتمد هذا النظام بطبيعة الحال - شأنه في ذلك شأن كل محركات البحث - على مجموعة من الكائنات الآلية (robots) تذرع الشبكة جيئة وذهابا بلا انقطاع للبحث عن المعلومات وتجميعها. وهو يقوم، مثل تلك المحركات، بوضع فهارس للوثائق، رغم أن طريقة الفهرسة هنا تختلف بعض الشيء، إذ يستطيع نظام Xyleme الإجابة على أسئلة أكثر تعقيدا بكثير من مجرد البحث باعتماد الكلمات-المفاتيح. ولو شئنا شرح كل ذلك لتطلب الأمر منا الدخول في تفصيلات تقنية كثيرة. لذلك سنكتفي بذكر خصوصيات ثلاث يتمتع بها هذا النظام مقارنة مع غيره مما هو موجود اليوم على الشبكة العالمية من أنظمةٍ للبحث عن المعلومات.

التخزين

أيا كان السؤال الذي تطرحه على محرك بحث أو بوابة، فإن الجواب الذي يأتيك اليوم هو عبارة عن لائحة من عناوين الوثائق. وعليك بعد ذلك أن تجوب تلك الصفحات بحثا عن المعلومة المطلوبة. ولما كانت هذه الأخيرة كثيرا ما توجد في أكثر من صفحة، فإن العملية تطول، مما يجعلك في الغالب تتخلى عن البحث قبل أن تعثر ببغيتك. أما نظام Xyleme فيسعى إلى إيتاء المستعمل أجوبة دقيقة تعتمد التركيب لا البحث الخطي وحده. فإذا أنت طرحت السؤال التالي مثلا: "ما

هي أسماء وعناوين باعة الجملة الباريسيين المتخصصين في بيع الألعاب المنزلية؟"، فإن Xyleme سوف يجيبك بلائحة بأسماء وعناوين كل الشركات المتصفة بالصفات المذكورة والموجودة على الشبكة العالمية. وذلك يستدعي من النظام استخراج معلومات موجودة في وثائق مختلفة، وهو ما لا يمكن إنجازه في زمن معقول إلا متى كانت الوثائق المعنية موجودة عنده. يقوم Xyleme لذلك بتخزين كل الوثائق من نوع XLM الموجودة في الشبكة، وهو ما يتيح أيضا الاحتفاظ بالمعلومات المسجلة من قبل في بعض الوثائق، حيث يمكن للنظام أن يجيبك مثلا على سؤال من نوع: "كم شخصا جرى توظيفه من قبل الشركة الفلانية خلال الشهور الاثني عشر المنصرمة؟" أو: "ماذا جد هذا الأسبوع في الأدب الإسباني؟"

التحليل

لقد رأينا كيف أن نصا مكتوبا بطريقة XML يحتوي معالم ذات أسماء حاملة لمعانٍ معينة. وتقوم الفكرة هنا على استغلال تلك المعالم لطرح أسئلة أكثر دقة من مجرد البحث القائم على الكلمات-المفاتيح. ولنتخيل استمارة مبنية على معالم من نوع XLM الموجودة في النص الذي سقناه مثلا، فمن الجلي أن معالم من قبيل "بضاعة" و"مرجع" و"سعر" من شأنها أن تيسر للمرء صياغة سؤال حول أسعار أجهزة الراديو الخاصة بالسيارات مثلا، وكيف أن الوثائق المجهزة بمثل هذه المعالم تيسر صياغة جواب مناسب ومفيد. غير أن هناك بعض الصعوبات التي تعترض سبيل الباحثين الذين يطمحون إلى جعل مثل هذه العمليات تنجز بطريقة آلية.

وتتجلى أهم تلك الصعوبات في كون وثيقتين تعالجان موضوعا واحدا مبنيتين على معالم مختلفة شديد الاختلاف، كما بينا ذلك من قبل. ولما كان من غير المعقول أن نطالب المستعمل بملء استمارات بعدد المعالم المستعملة، فإن نظام

Xyleme سيضطلع بتحليل تلك المعالم وفهم نقاط التشابه فيما بينها، قبل أن يقترح نظرته الواحدة أو المتعددة إلى موضوع معين. وقد تبدو هذه العملية بالنظر إلى اتساع الشبكة العالمية مستحيلة، غير أن هناك عناصر كثيرة تبرهن على أنها ليست كذلك، وإن تكن المهمة شديدة الصعوبة والتعقيد، تتطلب في بعض الأحيان تدخلا بشريا محدودا. فالتحليل لا يتناول جملا طويلة في لغة معقدة، بل مقاطع قصيرة نسبيا، متكونة من بضع كلمات لا يجد البرنام في الغالب صعوبة في قراءتها وفهم معناها. وهذا الأمر يصح حتى على الكلمات المبتورة من مثل التي سقناها في كتابتنا المثال أعلاه للمرة الثانية. ثم إن المعالم تتيح إقامة بعض العلاقات بين الألفاظ. فلفظة "سعر" متضمنة في لفظة "بضاعة" بما يوحي بأن السعر مكوّن من مكونات البضاعة. وأخيرا فإن نظام XLM يقدم لنا مساعدة لا يستهان بها، هي ما يعرف باسم DTS (اختصارا لعبارة Document Type Déclaration، أي "الكشف عن نوع الوثائق"). وهكذا، فإذا كانت وثيقة من نوع XML تحمل معالمها الخاصة (وتُدعى حينئذ "وثيقة جيدة التكوين" document bien formé)، فإنها في الغالب تعلن عن مطابقتها لنظام معالم معين يصفه DTS معين (وتكون حينئذ "وثيقة قائمة الصلاحية" document valide) وحينها، لن يكون على نظام Xyleme أن يحلل جميع الوثائق، بل فقط كل كشوفات DTS المعنية، مما يقلل إلى درجة كبيرة من صعوبة المهمة. وتلك حقيقة قائمة اليوم ولا شك أنها ستظل قائمة غدا، إذ إن العمل جارٍ في إقامة كشوفات DTS نموذجية لكثير من الميادين، مما يحمل على الظن بأنها لن يطول بها الزمن أن يقل عددها وتستقر محتوياتها.

هناك صعوبة أخرى – وإن تكن أخف من سابقتها – ترتبط بتعدد المواضيع الموجودة على الشبكة. وهذا يطرح بالأساس سؤالين اثنين: كيف السبيل إلى تَعَرُّف وثيقة معينة بما هي منتسبة إلى الموضوع المراد البحث فيه (وبالتالي قابلة لأن تُسأل بواسطة استمارة معينة)، وما الطريقة اللازم اتباعها لتجنب إغراق المستعمل

في فيض ضخم من الاستمارات؟ فأما الجمع بين المواضيع والوثائق فلا صعوبة كبيرة فيه، نظرا للأسباب المذكورة سابقا. وأما تنظيم العلاقة بين المستعمل والآلة في مواجهة الكم الهائل من المعلومات، فهناك وسائل عديدة لتحقيق ذلك. فيمكن مثلا تحديد مواصفات النظام تبعا لاهتمامات مستعمل معين، كما يمكن أن يُطلب من المستعمل إعادة صياغة طلبه باللغة الطبيعية مع استعمال كلمات–مفاتيح معينة، قصد انتقاء استمارة محددة ومَلئها جزئيا. وللمستعمل عند ذلك أن يختار بين زيادة توضيح سؤاله أو طرحه كما هو على النظام.

ويجدر التذكير بأن البوابات التي يمكن طرح الأسئلة عليها بهذه الطريقة اليوم قد جرى بناؤها بطريقة يدوية، وهي شديدة التخصص ولا تغطي سوى جزء يسير من الشبكة العالمية. ومعنى ذلك أنك في الغالب لن تجد الاستمارة التي تبحث عنها حين تكون في حاجة إليها، وأنك لن تحصل سوى على جزء من الجواب. أضف إلى ذلك أن هذه الأنظمة تعتمد على استمارات ثابتة لا تتغير. أما نظام Xyleme، فإنه يتيح – بفضل كونه يقوم على تقنياتٍ آلية لتحليل الوثائق – تحديد مواصفات الاستمارات تبعا لرغبة المستعمل.

الدينامية

يحرص نظام Xyleme، مثله في ذلك مثل محركات البحث جميعا، على أن يبقى مطلعا على كل ما جد في الشبكة من وثائق جديدة ومن تعديلات على الوثائق الموجودة. غير أنه، وعلى العكس من باقي المحركات، يعمل على تحليل كل وثيقة جديدة لأجل فهم ما يمكن أن يكون فيها من فائدة لبعض مستعمليه. وهكذا، يمكن للمرء أن يطلب من النظام إطلاعه على كل موقع جديد للبيع بالمراسلة يظهر على الشبكة، وكذا إخباره بكل شريط من أفلام الخيال العلمي يجري عرضه في قاعة السينما الموجودة في الحي الذي يقيم فيه. وهذا النوع من الخدمات موجود بالفعل على الشبكة، لكن نشير بهذا الصدد مرة أخرى إلى أن الأنظمة التي تقترح تلك

الخدمات قد جرى بناؤها بطريقة يدوية، مما يعني أنها غيــر كاملــة. أمــا نظــام Xyleme الذي يستطيع أن يحلل بطريقة آلية ودقيقة كل المعلومات الموجودة فــي الشبكة، فإنه يغطي كل المواضيع تغطية شاملة.

هل سيكون Xyleme نظام المستقبل؟

لقد استطعنا، بعد سنة من البحث، أن نصــنع نســخة تجريبيــة أثبتــت أن المشروع ممكن التحقيق من الناحية التقنية. ويبقى نجاحه اليوم رهينــا بعــدد مــن العوامل لعل من أهمها - وأعصاها للأسف على التحكم في الآن ذاته - هو مــدى النجاح الذي سيلقاه نظام XLM في الشبكة العالمية. لكن ما المانع مــن أن نحلــم قليلا فنتخيل أنفسنا وقد كسبنا الرهان في مستقبل قريب غني بالوثــائق المصــوغة حسب نظام XML. لقد طلب بطليموس من ديمتريوس قبل ما يزيد علــى اثنــين وعشرين قرنا أن يجمع معارف الإنسانية جميعا في مكتبة الإسكندرية، وهو حلــم يمثل نظام Xyleme اليوم نسخة حديثة منه. فهو مكتبة وعامل مكتبة في آن، وهو عالمي شامل لا يقف عند حدود دولة ولا حضارة. وهو يحرص باســتمرار علــى تحيين محتويات أجنحته، مجتهدا في إرضائك وفي الإجابة على أكثر أسئلتك دقــة وتحديدا وفي إخبارك بوقوع حادث تنتظره حال وقوع ذلــك الحــادث. وخلاصــة القول أن هذا النظام هو من الدقة والكمال بحيث يكاد ينطق متكلما...

انعدام الأمن في مجال المعلوميات:
فزاعات الثورة الرقمية وأخطارها الحقيقية[٣]

بقلم توماس-زافييه مارتان
Thomas-Xavier MARTIN

الإطار التقني: الثورة الرقمية

إن أهمية الحواسيب تتجسد في أنه من الممكن برمجتها، أي أنه من الممكن جعلها تتبع سلسلة من التعليمات صيغت على مقاس المسألة المطلوب معالجتها. والحواسيب جميعها، منذ حاسوب EDSAC، أحد أولى الحواسيب التي صنعت في مختبرات جامعة كامبريدج بالمملكة المتحدة، هي آلات من نوع الخازنة التي ابتدعها von Neumann، بمعنى أنها لا تقيم تمييزا داخليا أساسا بين المعطيات التي يُطلب منها معالجتها وبين التعليمات (المرقمة) التي يُدلى إليها بها من أجل إنجاز تلك المعالجة. ولقد حظيت طريقة von Neumann الهندسية بالإجماع العالمي بفضل ما يميزها عن الطرائق الأخرى المنافسة من مرونة وكفاءة، لكننا سنرى كيف أن لهذه المرونة ثمنا في مجال الأمان.

لقد كان من اللازم انتظار تطور شبكات السكك الحديدية كي تَهُبَّ الثورةُ الصناعية من عقالها، إذ ما كان للتصنيع المكثف أن تقوم له قائمة دون شبكات توزيع تتيح إيصال البضائع إلى طالبيها في كل مكان. وقُل الشيء نفسه في حق الثورة الرقمية التي ما كان لها أن تحدث في حياتنا هذا التأثير الكبير لولا أن ظهرت إلى الوجود شبكة عالمية تتيح للحواسيب عبر العالم أن تتبادل المعلومات فيما بينها. تلك الشبكة هي إنترنت.

---

(٣) نص المحاضرة رقم ٢٥٨ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٤ سبتمبر ٢٠٠٠. والنص مهدى إلى مهندس المعادن العام Jean-Michel Yolin.

لقد جرى تطوير هندسة إنترنت في البداية لإتاحة المبـادلات بـين مراكـز حسابية عسكرية. وقد كان من بين مواصفات هذه الشبكة أن لا تنهـار إذا جـرى تدمير بعض عقدها، وذلك يعني أنه لا ينبغي أن يكون لها مركز ولا نقطة حيويـة قمينة بأن تكون مقتلا لها يأتيها منه عدو، ويعني أيضا أن المسارات المستعملة في نقل المعطيات من نقطة معينة إلى أخرى مساراتٌ لا يمكن التنبؤ بها، إذ ليس هناك من مركز يتعين بالضرورة على المعطيات المنقولة المرور منه.

ثم جاءت السنوات التالية، فأضحى إنترنت مستعملا بالأساس في المبـادلات بين الباحثين. والحق أن الخاصيتين اللتين ذكرناهما تناسبان العادات المتبعـة فـي الأوساط العلمية تمام المناسبة:

- فإذْ لا مركزَ هناك، فلا سلطة يمكنها ممارسة الرقابة على الأشغال المنشورة ومنع بعضها من النشر، ولا تقييم لعمل ينشره باحث معين إلا ما يصدره في شأنه زملاؤه المرتبطون بالشبكة.
- وإذ لا يمكن التنبؤ بالنشر، فلا يمكن كذلك التحكم فيه، لأن الأفكار ينبغي لها أن تسري بكل حرية بين الناس إن هي شيءَ لها أن تؤتي ثمارا. أضف إلى ذلك أنه لا يمكن للمرء أن يدعي سوى أبوته لفكرة معينة، أما منع الآخرين من وَضع فكرته موضع التطبيق أو استعمالها كما يشـاءون فـذاك مـا لا يستطيعه. أَفَلَيسَ كلُّ تقدمٍ يحرزه العلم هو عبارة عن فكـرة قديمـة جـرى استعمالها بطريقة مستحدثة؟

لقد جرى خلال هذه الفترة اختراع أكبر جانب من الوسائل التقنية المستعملة حاليا، والتي خرجت من رحم البحث العمومي، لا علامة تجاريـة تحـدد شـروط استعمالها ولا حقوق نسخ يؤديها مستعملها عنها، مما جعل تبنيها من قبل الجميـع أمرا هينا يسيرا (وهاك نتيجة مهمة لذلك، هي أن إنترنت الذي لم يكن له في يـوم من الأيام مركز إداري ولا سياسي، هو اليوم بلا مركز تقني كذلك). وقد تطـورت

الشبكة بناء على هذه الأسس حتى بلغت اليوم من التطور حدا لا مطمح معه في الحياة لأي مشروع منافس. غير أن إنترنت، إذ امتد ليكون في متناول الناس جميعا، بقي محافظا على القيم "الأخلاقية" التي وضعها رواده الأولون، فبقي مجالا حرا مفتوحا لامركزيا ولا تجاريا، لا حكومة تهيمن عليه ولا مقص رقيب يقف دون النشر فيه. والخلاصة أن كل الظروف مهيأة لجعل كل ما أنجز من عمل في مجال البناء القانوني والسياسي خلال قرنين كاملين يمضي أدراج الرياح...

حاسوب الشيطان

الآن وقد وضعنا عناصر المشهد في مكانها، يتعين علينا أن نشرح كيف أنه من الصعب تأمين الأنظمة التي تعالج معطيات رقمية.

إن السواد الأعظم من الأشياء التي يجري تصنيعها اليوم إنما تصنع طبقا لمقاربة "وظيفية"، بمعنى أن الشيء المصنوع ينبغي أن تكون له وظيفة معينة، كأن يؤدي خدمة معينة أو يمكّن من تحسين نوعية خدمة أخرى. وتقوم منهجية الصنع على الابتكار والتجربة والتصحيح والتكرار إلى حين الحصول على نتيجة مرضية.

أما إذا تعلق الأمر بمصنوعات يُخشى منها الخطر، فإن تصنيعها يجري طبقا لمقاربة تتوخى "السلامة"(antiaccidents). ونذكر في هذا الصدد مثلا كل ما له علاقة بمجال النقل (من طائرات وقطارات وسيارات وغيرها)، وما هو مُعَدٌّ ليستعمله الأطفال (كاللعب وما جرى مجراها)، وما يستعمله البالغون بطريقة متكررة تكرارا يُنسي الحذر (كالآلات اليدوية عند الصناع والعمال مثلا)، وحتى ما هو في متناول عموم الناس (كالآلات الميكانيكية المختلفة)، حيث لا يبقى الهدف المنشود هو ضمان اشتغال الآلة أو الأداة المصنوعة، اشتغالها في غالب الأحيان كما قَدّر لها صانعها، بل أن لا يؤدي العطب فيها – إنْ عطبٌ حدث – إلى كارثة...

أما المهندس الذي يوكل إليه أمر تفادي وقوع الكوارث منذ مرحلة التصنيع، فإنه يحارب خصما عنيدا، هو ما يعرف باسم قانون Murphy، الذي يختصره القول المأثور منذ الخمسينات من القرن الماضي عن أوساط الطيران في الولايات المتحدة، والقاضي بأنه ما من أمر يُخشى وقوعه إلا وهو لا محالة واقع يوما (Wathever can go wrong, will). لذلك فإن مقاربة السلامة تتوخى تفادي وقوع كارثة في ظروف استثنائية، أي أنه ليس من الضروري أن يبقى الشيء المصنوع محافظا على قدرته على تأدية ما خلق له من وظيفة، بل يكفي أن نتفادى وقوع أسوأ ما يخشى وقوعُه. وسلاح المهندس في معركته هذه مع مكر الصدف هو أن يحاول أن يتصور أسوأ الشروط الممكن أن يؤدي اجتماعها إلى كارثة، ثم يجتهد في تصور ما يمكن فعله لتفادي اجتماع تلك الشروط، من أجل تفادي وقوع الكارثة. وتضطلع الاختبارات في هذا المجال أيضا بدور أساس.

أما المقاربة "الأمنية" (de sécurité)، فتختلف عن سابقتها اختلافا كبيرا، إذ يجري اللجوء إليها فقط عند تصنيع منتجات مُعَدة لحماية الممتلكات من الاعتداء. وفي هذه الحالة، فإن المهندس لا يواجه صدفة عمياء، بل عدوا ذكيا مستميتا في عزمه على إحداث الضرر، وعاملا لا محالة على إحداثه بأسوإ الوسائل وفي أسوإ الأوقات. وبذلك نستطيع القول إن أهمية الأدوات التي تصنع حسب المقاربة الأمنية - عكس نظيرتها المصنوعة حسب مقاربة السلامة - لا تكمن في ما هي مستطيعة فعلَه، بل في ما هي قادرة على منعه.

وقُل الشيء نفسه عن الاختبارات، إذ إنها لا تضطلع عند الصانع الذي يعمل حسب المقاربة الأمنية بالدور المركزي الذي لها عند نظيره الذي يعتمد مقاربة السلامة. فالاختبار لا يعود هنا بكبير فائدة. ولنتخيل مثلا أننا، لأجل اختبار قدرة قفل على المقاومة، جئنا بسارق محترف وطلبنا منه فتحه بغير مفتاح. فإذا نجح السارق في مهمته كان ذلك يعني أن القفل ليس آمنا بما فيه الكفاية؛ لكن إخفاقه فيما لو أخفق لن يفيدنا بشيء، إذ لن يعني ذلك مطلقا أنه لن يكون بمقدور غيره أن يفتحه...

إن إثبات الأمانة المطلقة لنوع من المنتجات شيء مستحيل. وأقصى ما يمكن فعله هو الاجتهاد في تحليل المنتج قصد التأكد من قدرته على التصدي بنجاح لهجوم تقليدي. ومثل هذه الاحتياطات يلزم أن تطبق على محيط واسع وأن تشمل النظام كله. فلا فائدة في أن تحصن باب بيتك وتضع المتاريس على النوافذ فيما حيطان البيت متداعية لا تصمد لهجوم...

ومثال القفل الذي سقناه مثال قد أفادنا في توضيح ما أردنا شرحه، لكنه في الوقت نفسه مثال خادع. فالأقفال العصرية غالبا ما تكون على درجة كبيرة من التعقيد، والتعقيد يقترن في الذهن بالصعوبة، مما يحمل على الاعتقاد أن نظاما معقدا يكون بالضرورة أكثر أمنا من نظام بسيط. وليس الأمر على العموم كذلك، لأن للأنظمة المعقدة مقتلين اثنين:

فهي أولا كبيرة الحجم، ومن المعلوم أنه كلما زاد الحجم وتعددت المهام، كلما أوشك أن توجد ولو ثغرة واحدة. ويزيد الطين بلة ما جبلت عليه الأنظمة المعقدة من بنية قائمة على الوحدات التناسبية (modulaire)، إذ يلجأ المهندسون إلى التفرقة ليسودوا، فيعمدون متى شاءوا معالجة مشكلة معقدة إلى تقسيمها إلى عدد كبير من المشكلات البسيطة. ولئن كانت هذه الطريقة ناجعة في معالجة المشاكل المعقدة، فإنها في الآن ذاته تفضي إلى زيادة عدد الثغرات زيادة كبيرة، إذ تكون كل وحدة من وحدات النظام وكل تفاعل فيما بين تلك الوحدات مجالاً ممكنا لثغرة أمنية، علما أن عدد التفاعلات يزداد بطريقة حسابية أُسِّيَّة كلما ازدادت أجزاء النظام عددا.

أما المقتل الثاني فمرتبط مباشرة بالتحليلات اللازم إجراؤها للبحث عن الثغرات الموجودة في النظام، إذ مما لا شك فيه أنه كلما ازداد النظام تعقيدا كلما أضحى أشد استعصاء على الفهم والتمثل الذهني والتحليل. أما إذا تجاوز التعقيد حدا معينا، فإن المحلل لا يعود بمقدوره الاحتفاظ عن النظام بصورة ذهنية كاملة وصحيحة، مما يزيد كثيرا من احتمال مروره بثغرة دون أن يراها.

ويجدر التذكير هنا بأنه يكفي أن تكون هناك ثغرة واحدة كي ينهار النظام كله، بمعنى أن أمن النظام رهين بأمن أوهى حلقة فيه... وبذلك يكون النظام المعقد خاسرا من جميع الوجوه: فالسلسلة فيه أطول، ونظام الوحدات التناسبية يزيدها حلقات على حلقات، والحلقات كلما ازدادت عددا صار من المتعذر اختبارها جميعها، بل وحتى معرفة وجودها كلها. والآن فلنأخذ كل ما أصبحنا نعرفه عن الهندسة الأمنية ولنطبقه على الأنظمة الرقمية ثم نسأل: هل بالإمكان القول إن حواسيبنا اليوم آمنة؟ نعتقد أن الجواب هو بالنفي، وأن الحواسيب اليوم هي من حيث الأمان أشبه بشبكة ذات عيون منها بسور متين. والحق أن العوامل جميعا تنحو إلى جعلها كذلك.

فالسوق دافع إلى التعقيد ومولد له لا يني ولا يكل، بما يوفره من تعدد مطرد في الاختيارات والمواصفات والوظائف وكل الأشياء الممكنة. لما كانت قرارات شراء الحواسيب تتخذ بناء على المقارنة بين قوائم الوظائف التي بمقدور كل حاسوب الاضطلاع بها، فقد دفع ذلك بالصانعين إلى الانخراط في سباق تنافسي محموم غايته التوصل إلى صنع آلات أكثر تعقيدا من سابقاتها ومرونة وقدرة، بهدف جعل السابقة يدركها التقادم، كي يُقبِلَ المشترون عاما عن عام على استبدال الجديد الذي جد بالقديم المتجاوز.

ويجدر التذكير كذلك بأن تحسين مستوى الأمان في نظام معين عملية باهظة التكاليف، تستدعي دراسات لا نهاية لها وتحليلات تكلف غاليا، سعيا وراء نتيجة غير مضمونة، إذ ليس هناك من سبيل لإقامة الدليل على أن النظام آمن تماما. ولما لم يكن بإمكان الصانعين أن يفاخروا بمستوى الأمان في أنظمتهم (وكيف لهم أن يفعلوا في حين أنهم ليسوا هم أنفسهم واثقين من ذلك رغم ما أنفقوه عليه من طائل الأموال)، فإن درجة الأمان في النظام لا تعد من بين المزايا التي يجري عرضها للتشجيع على اقتناء المنتج، مما جعل الصانعين يُبقون عليها عند أدنى مستوى مقبول من لدن الزبون.

وكما هو الحال دائما، فإن الزبون هو من يحدد درجة الأمان في المنتجات المطروحة في الأسواق. غير أنه إذا كان كل واحد منا يملك تصورا معينا عن درجة الأمان المقبولة في قفل باب أو قفل دراجة أو بوابة مصفحة، لكن قَلَّ مَن هو كفء للإفتاء في الأمر نفسه إذا تعلق الأمر بحاسوب.

وأخيرا، فإن المعطيات الرقمية التي تذرع خيوط الشبكة العالمية تتميز ببعض الخصوصيات المزعجة. ولنضرب مثلا سلسلة من الأرقام تمثل وثيقة أرسلها زيد إلى عمرو، فتنطلق الأرقام عبر الشبكة في طريقها من حاسوب زيد إلى حاسوب عمرو. غير أنها وهي في طريقها إليه قد تمر صدفة بسعد. فإذا اختار سعد أن يأخذ منها نسخة لنفسه، فإنه سيحصل على نسخة مطابقة تماما لتلك التي ستصل إلى زيد: مطابقة إلى درجة ينمحي معها مفهوم النسخة الأصل، إذ النسختان أصل معا. أما داهية الدواهي، فهي أنه لا عمرو ولا زيد بإمكانهما أن يستشفا من نسختيهما أن سعدا قد استرق من رسالتهما نسخة. فإذا اعترض سعد سبيل أرقام يرسلها عمرو إلى زيد، فأعاد إرسالها إلى زيد من عنده فلا وسيلة عند زيد ليعرف أن الرسالة جاءته من عمرو لا من سعد، وأن سعدا قد اعترضها فقط ثم أعاد إرسالها. وكذلك إذا اعترض سعد سبيل الأرقام فأدخل عليها ما شاء من تعديلات ثم أرسلها إلى زيد باسم عمرو، فلا وسيلة عند زيد ليعرف أن عمرا لم يرسل إليه الرسالة كما بلغته، وأن سعدا قد أدخل عليها وهي في طريقها إليه تعديلات.

وبتعبير آخر، فإنه يمكننا القول، حين الحديث عن المعطيات الرقمية التي تتخذ خيوط الشبكة العالمية سبيلا، إنه لا سبيل إلى التمييز بين النسخ نظرا لتطابقها، ولا إلى تحديد ما قد يكون قد دخل عليها في الطريق من تعديلات، ولا إلى التحقق من نسبتها إلى من يُدعى نسبتها إليه.

وهاك لمسة أخيرة في هذه اللوحة القاتمة، وهي أدق من سابقاتها قليلا. فكما بينا ذلك من قبل، فإن أجل فوائد الحاسوب هي أنه من الممكن برمجته وبالتالي جعله قادرا على التكيف مع مشاكل مختلفة. غير أن هذه البرامج هي نفسها مرقمة،

تعاملها الآلة تماما كمعاملتها المعطيات الرقمية التي يوكل إلى تلك البرامج أمر معالجتها (فذاك هو المبدأ الذي تقوم عليه حاسبة von Neumann). وإذا فهي تشكو من العيوب ذاتها التي ذكرناها أعلاه، أي مطابقة النسخة للأصل، واستحالة التحقق من نسبتها إلى صاحبها، وخصوصا – وهذه أدهى – استحالة تحديد ما قد يكون دخل عليها من تعديلات...

لنستعد الآن ما قلناه:

- ليست هندسة الأمان بالأمر السهل، بل هي عسيرة شديدة التعقيد باهظة الثمن؛
- لا تني سوق المعلوميات تدفع بالصانعين إلى تصور أنظمة أكثر فأكثر تعقيدا، وبالتالي أقل فأقل أمانا؛
- في الآن نفسه، فإن هذه السوق لا تبدي كبير اهتمام برفع مستوى الأمان في منتجاتها؛
- المعطيات الرقمية تستعصي بطبيعتها على كل عملية تسعى إلى جعلها آمنة؛
- البرامج التي تجهز بها الحواسيب هي نفسها رقمية، وبالتالي مستعصية هي أيضا على كل محاولة ترمي إلى جعلها آمنة. ولقد أصاب البروفيسور البريطاني Ross Anderson حين قال يوما إن من يحاول تحقيق الأمان الإعلامي هو أشبه بمن يحاول برمجة حاسوب الشيطان رغم إرادته.

وهم التشفير

التشفير هو علم الشفرات السرية. وإذا كانت التقنيات التقليدية المعروفة في هذا المجال تحاول إيجاد حلول لمشكلة السرية، فإنها لم تهتم يوما بالمشاكل التي تحدثنا عنها أعلاه. وقد بدا في الأفق بصيص أمل في بداية عقد الثمانينات من القرن الماضي مع ظهور تقنيات تشفير جديدة عُرفت باسم التشفير اللامتوازي (asymétrique)، إذ أصبح من الممكن توقيع الوثائق الرقمية فَنَقَلُها بكل أمان وسرية نحو وجهاتها ونحوَها فقط. وظن الناس أن الأمر قد قضي.

لم يمض وقت طويل أن بدأ بعض الجامعيين النزهاء يشعرون أن المشكلة ليست على هذه الدرجة من السهولة واليسر، كما سنبين ذلك بعد حين. غير أنه مع انفجار ظاهرة إنترنت، فإن ما كان ذات يوم مجرد تطبيقات جامعية موقوفة على الاستعمال الديبلوماسي، قد أضحى اليوم قطاعا صناعيا مزدهرا يسود في أرجائه خطاب متفائل يبشر بمستقبل وضّاء لا تشوب سماء الأمان فيه شائبة. ويتلخص وهم التشفير هذا – وهو وهم يحرص على استمراره أولئك الذين لهم فيه منافع مادية – في ادعاء أنه يكفيك أن تضيف إلى حاسوبك طبقة جديدة من التشفير كي تجعله في مأمن من كل غائلة مما ذكرناه أعلاه.

غير أن الواقع هو للأسف غير ذلك. فالأمان في نظام معين لا يمكن اختصاره في التشفير وحده، بل لا بد من أن تشمل النظرة النظام كله. وإذا أنت شئت مثلا أن تضمن الأمان لحاسوب مرتبط بالشبكة، فسيتعين عليك أن تتأكد من جودة الأوليات التشفيرية، لكن كذلك أن تحلل بروتوكولات الاستعمال (ما هي المعلومات التي يجري تبادلها وتأمينها، وما الهدف من ذلك؟)، ثم أن تصرف اهتمامك إلى هندسة الحاسوب نفسها (هل من الممكن الوصول إلى المعطيات الرقمية المطلوب تأمينها، الوصول إليها في مكان ما بحرية وقراءتها دون تشفير؟)، وإلى بنية الشبكة ومسألة التفاعل مع الحواسيب الأخرى والمحيط المادي الذي توجد فيه الآلات، وأخيرا إلى المستعمل ذاته الذي يمكن أن يكون متواطئا مع العدو الذي تحترس منه أو مسيَّرا من قِبله على غير علم منه...

هكذا تبدو عملية تأمين الأنظمة الرقمية مثل ثمرة بصل ما إن تميط عنها طبقة حتى تجد تحتها أخرى. وكل واحدة من هذه الطبقات تستدعي تحليلا خاصا بها وتأمينا خاصا، علما أن ثغرة واحدة في أمان طبقة واحدة كفيلة بجعل أمان النظام كله ينهار. وهذا ما يضع التشفير في مكانه الصحيح، حلاًّ يضمن تأمين الطبقة السفلى التي توجد في قلب الثمرة، لكنه لا يملك شيئا لما فوقها من الطبقات...

غير أن هذا كله يبقى كلاما نظريا، إذ لم يعرض سوى عدد قليل من البحوث لمسألة اشتغال الأنظمة الرقمية التي يُدّعى أنها آمنة، حتى جاءت سنة ١٩٩٥، حين نشر Ross Anderson مقالا عنوانه "لماذا تفشل الأنظمة التشفيرية"، أحدث ما يشبه هزيم الرعد في سماء المشفرين الصافية. فقد بين - بعد أن درس نحو مائة حالة اختراق تعرضت لها أنظمة كان يُعتقد أنها آمنة، ومنها على الخصوص أنظمة مصرفية - أن الثغرات التي استغلها الفاعلون لاختراق تلك الأنظمة توجد جميعها في الطبقات العليا من ثمرة البصل، لا في الطبقة التي يحميها التشفير.

وقد ميز Anderson بين صنفين كبيرين من الأسباب التي جعلت اختراق الأنظمة ممكنا، أولهما الأخطاء المرتكبة أثناء مرحلة التصنيع، وثانيهما القرارات الخاطئة التي يجري اتخاذها في مجال التدبير. ففي الحالة الأولى تشكو الأنظمة من ثغرات كبيرة في الطبقات الداخلية من ثمرة البصل. ويسوق Anderson بهذا الصدد مثال أحد صانعي أجهزة توزيع الأوراق المالية. فعلى حين كانت الطبقات التشفيرية سليمة، قام الصانع - بسبب دواعي الاختبار - ببرمجة الحاسوب بطريقة تجعل الموزع يعطيك الأوراق العشرة العليا في رزمة النقود المودعة فيه إذا أنت ركّبت على لوحة مفاتيحه شفرة من عشرة أرقام. وبطبيعة الحال، فلم يكن هناك من خطر يُخشى ما دامت الآلات المجهزة بهذا البرنامج محصورة في نطاق التجارب داخل المصنع. لكن ما وقع هو أن الصانع سلم سهوا مجموعة من الحواسيب إلى المصارف دون أن يزيل من ذاكرتها البرنامج المذكور، بل وأدهى من ذلك، ترك سلسلة الأرقام السرية مكتوبة بكل وضوح على دليل الاستعمال الخاص بكل حاسوب. أما الخسارة المادية التي ترتبت على ذلك، فكانت من الفداحة بحيث لم يجرؤ أحد حتى يومنا هذا على التصريح بمبلغها. وإذا كان Anderson قد جسد هنا حقيقة ثمرة البصل التي جرى الحديث عليها، فإن أهم ما ساهم به يكمن في تحليله للصنف الثاني من أسباب الاختراق (أي قرارات التدبير الخاطئة)، وفي

نشره الوعي بين الناس بأن النظام المؤمّن قد صنع ليكون كذلك وهو بين أيدي مستعمله، بعيدا عن المختبر الذي صنع فيه. وبذلك احتل المستعمل – بصفته يعيش داخل بنية اجتماعية وتراتبية معينة – احتل مكانه الصحيح بما هو جزء مهم في عملية تحليل الأمان في نظام معين.

وبمرور السنين، راح الناس ينتبهون رويدا إلى ما انتبه إليه Anderson، ومن ذلك مثلا:

- أن السياسة الأمنية المغرقة في الصرامة ستدفع المستعملين إلى الالتفاف حولها لتجاوزها؛
- وأن الاختصاصيين القائمين على ضمان الأمان في مصرف من المصارف سيفضلون التزام الصمت على إثارة الانتباه إلى ما ترتب من نتائج وخيمة على قرار اتخذ في أعلى مستوى في التراتبية الإدارية؛
- وأنه من السهل أن يخدع المرء موظفا في مصرف أثناء اتصال هاتفي، فيحصل منه على معلومات حساسة موجودة في نظام الحماية الأمنية في المصرف المعني.

من ثمة أصبح العامل البشري عنصرا مهما في وضع الأنظمة المؤمَّنة كما في تحديد دورة حياتها واستعمالها. ثم جاء مقال نشرته عام ١٩٩٨ طالبة دكتوراه من جامعة Carnegie-Mellon في بنسلفانيا تحت عنوان Why Jhonny can not encrypt ("لماذا لا يفلح جوني في تشفير رسالته")، فوجه البحث الحديث صوب وجهة جديدة. فقد طلبت تلك السيدة – وتدعى Alma Whitten – من مجموعة من الطلبة المتمرسين في التعامل مع الحاسوب، أن يستعملوا برنام تشفير واحد لأجل إرسال رسالة إلكترونية مؤمّنة إلى شخص افتراضي.فرغم أنه قد وُضعت رهن إشارة الطلبة المعنيين حواسيب قد حُمّل عليها البرنام بشكل جيد وكذلك دليل الاستعمال الخاص ببرنام التشفير، فإنه لم يفلح أي منهم على مدى تسعين دقيقة من

المحاولات في إرسال الرسالة مشفرةً إلى وجهتها. بل وأدهى من ذلك أن أكثر من نصف الطلبة قد أرسلوا الرسالة واضحة بغير تشفير ودون أن يدروا عن ذلك شيئا.

وفي امتداد لأشغال السيدة Whitten، واستنادا كذلك إلى تجربتي الشخصية في مجال الأنظمة المؤمّنة، فإني أجد نفسي أصوغ مبدأ تجريبيا مبنيا على شاكلة مبدأ Heinsberg في ميدان الفيزياء النووية، الذي يقضي بأنه من المستحيل تحديد موقع جزيئة نووية بسيطة معينة وسرعتها في آن معا.

مبدأ Whitten

في الأنظمة الرقمية، لا يمكن لجداء قيمة مستوى الأمان مضروبة في قيمة سهولة الاستعمال أن يتجاوز حدا معينا. ومعنى ذلك أن هناك حدا متى تجاوزناه امتنع علينا أن نرفع درجة الأمان في النظام دون أن يؤدي ذلك إلى خفض درجة السهولة في استعماله. وهاك صياغة ثالثة لعل فيها فضلا من عنف ومن قوة: لا يمكن لنظام سهل الاستعمال أن يكون آمنا، ولا يمكن لنظام آمن أن يكون سهل الاستعمال.

لنسعد ما قلناه: يمكن أن ينهار الأمان في نظام معين بفعل قرار خاطئ واحد في التدبير؛ يتسبب العامل البشري في إحداث خلخلة عميقة في نظام الأمان؛ لا يستطيع السواد الأعظم من الناس استعمال نظام آمن، نظرا لصعوبة هذا الاستعمال.

"لكنها رغم ذلك تدور"، كما قال غاليليو ردا على الحكم الذي أصدره قضاته ضده... فما من واحد منا إلا ويستعمل كل يوم عددا من الأنظمة المفترض فيها أنها آمنة، من بطاقات مصرفية وهواتف محمولة وآلات توزيع أوراق مالية وما إليها. ورغم أن المختصين يعلمون جميعا أنه ليس في هذه الأنظمة الموجهة إلى

الاستعمال العمومي نظام واحد يبلغ مستوى الأمان فيه درجة معقولة ومناسبة، فإننا جميعنا نستعملها.

يتواجه عند هذه النقطة منطقان متضاربان. فأما الصانعون، فإنهم يتعاملون مع نقص الأمان في أنظمتهم بصفته مجازفة لا بد منها: فإذا كان مجموع الخسائر المترتبة على حالات الغش في البطاقات المصرفية يقل بقدر معقول عن مجموع العمولات التي تحصل عليها المصارف من الزبناء، فما الداعي إلى إنفاق المال في الرفع من مستوى أمان النظام؟

أما بالنسبة إلى المواطنين، فإنه يستحيل عليهم - عدا قلة قليلة منهم - إصدار أي حكم موضوعي في شأن الأمان في نظام من الأنظمة. وهم إذ يستعملون هذا النظام أو ذاك إنما يعتمدون على الصورة التي يكونونها عنه ذهنيا، وعلى ما يضعونه فيه من ثقة غالبا ما تكون عمياء.

ولما كان وراء مسألة الأنظمة هذه مصالح مالية كبيرة، فإنك ترى الصانعين لا يدعون سبيلا للتحكم في الصورة التي عند الناس عن بضاعتهم إلا طرقوه بغية الحفاظ على مصالحهم المادية، حتى ولو كان ذلك على حساب بعض الناس، وعلى حساب المجتمع كله بدرجة تزيد يوما عن يوم. وليس من مجال يظهر فيه ذلك بجلاء كظهوره في مجال الملكية الفكرية.

المذبحة الرهيبة التي طالت الملكية الفكرية

ما إن يخضع نص أو تسجيل صوتي أو صورة أو شريط إلى الترقيم حتى تموت كل حقوق الملكية الفكرية المرتبطة به. فقد رأينا كيف أن نسخ المعطيات الرقمية ونشرها لا يمكن التحكم فيهما ولا معرفة مصدرهما مطلقا.

في العالم الرقمي، لا يبقى للمؤلف من حق يدعيه على ما ألفه سوى حق نسبته إليه، إذ يمكن إثبات صفة المؤلف بالاعتماد على الأسبقية الزمنية التي تدل

عليها نسخة مادية (تكون مودعة لدى موثق أو لدى جمعية من جمعيات المؤلفين. أما إمكانية أن يربح أصحاب الحقوق (وهم عادة ما يكونون غير المؤلفين) مالا من وراء توزيع الأعمال المؤلفة أو إعادة نشرها، فتنعدم عند ذلك تماما. وبهذا تكون الثورة الرقمية قد سببت في هذا المجال قطيعة نهائية مع القانون كما كان من قبل معروفا.

والواقع أن البناء القانوني والاجتماعي القائم حول مسألة الملكية الفكرية لم يتسن له أن يبقى قائما حتى اليوم إلا لأن عمليتي النسخ والتوزيع كانتا حتى اليوم صعبتين مكلفتين تستدعيان مالا ومعدات. ومثالا في ذلك فإن عملية مطاردة شخص يقوم بقرصنة الأقراص المدمجة وإعادة توزيعها عملية ذات جدوى اقتصادية، إذ متى ألقينا عليه القبض أمكن حجز آلات المعمل الذي تجري فيه القرصنة وتفكيك الشبكة التي تتولى التوزيع. وبما أن الخسارة المتوقعة بالنسبة إلى القرصان رادعة بما فيه الكفاية، فإن التحقيق غالبا ما يفضي إلى تقليص كبير في عدد الأقراص المقرصنة المعروضة للبيع، لصالح أصحاب الحقوق.

أما اليوم وقد أضحى بمقدور أي كان، ومقابل بضع عشرات من الفرنكات، أن ينشر كل المحتويات الرقمية التي تقع بين يديه وينسخها ويرسلها ويستقبلها ويعدلها كما يشاء، فالقوانين يدركها التقادم جميعا. فما الحيلة حين يستطيع أي حاسوب نسخ كل شيء مقابل لا شيء تقريبا، وحين تُستعمل شبكة إنترنت مترامية الأطراف سبيلا للتوزيع، وحين لا يبتغي أحد من وراء النسخ المنقولة ربحا، وحين يصعب حتى يكاد يستحيل تحديد هوية كل واحد من الأشخاص المعنيين، تحديدها بدقة؟

أمام هذه اللوحة القاتمة، يتنبأ كثير من المتنبئين للفن والثقافة بموت وشيك، إذ لم يعد من الممكن إيتاء الفنانين أجورهم عما يعملون. غير أنهم في نبوءتهم تلك ينسون أن الملكية الفكرية هي في حد ذاتها اختراع حديث، ويتجاهلون كل الفنانين السابقين على القرن الثامن عشر، والذين تزين أعمالهم – وهي كلها تعود إلى ما قبل عهد الملكية الفكرية – جنبات متاحفنا اليوم وتملأ رفوف المكتبات.

يمكن الإشارة كذلك إلى أن النظام القائم حاليا لا يربح منه المبدعون، بل العاملون، وبخاصة أرباب شركات التوزيع. فقَلَّ الكاتبُ الذي يعيش اليوم من قلمه في فرنسا، لكن قلَّ الناشر الذي لا يجد ما يأكله. ولعل في حالة المغنين المشاهير أبلغ مثال، إذ كما ذكر بذلك مؤخرا نجم الغناء الأمريكي Courtney Love، فإن الجزء الأكبر من الأرباح التي تحققها أسطوانة غنائية معينة يذهب إلى جيوب أصحاب دور التوزيع لا الفنانين الذين لا يتمتعون في الغالب حتى بحقوق الملكية عن أعمالهم.

لن يتوقف تمويل الإبداع الفني، لكنه سيتخذ طرقا أخرى منها الجديدة المستحدثة ومنها القديمة التي طالها النسيان. فسوف يعود رعاة الفنانين ومحتضنوهم إلى شملهم بالرعاية ومدهم بالأموال، وستعود الإكرامية السخية لتشجيع الفنانين المسرحيين على تقديم عروضهم (وهي بالمناسبة عروض حية لا يمكن إخضاعها لترقيم ولا لقرصنة !)، وسيتجه بعض الكتاب إلى كتابة الروايات المسلسلة (وهو فن لا يمكن أن ننكر أنه أعطانا مؤلفين كبارا من طينة Balzac)، بل قد تظهر أشكال من التمويل غير معروفة، من قبيل تلك التي يجربها اليوم بالفعل بعض الفنانين مثل Courtney Love وPrince وDavid Bowie، ومؤلفون مثل Stephen King.

ويمكن كذلك أن نقول بأن ما يُتوقع مستقبلا من خروج الفن من دائرة التجارة ليس في نهاية المطاف أمرا سيئا، وأنه ليس من الضروري أن نكافئ المبدعين جميعا كي نحملهم على الإبداع... غير أن هذا لن يعدم أن يجد معارضين من الذين يربحون أموالا من وراء حقوق الملكية الفكرية.

ففي الولايات المتحدة الأمريكية، يكون "أباطرة المحتوى" (أي شركات توزيع الأسطوانات والكتب والأفلام، التي تتحكم في حقوق الملكية الفكرية) تكتلا منظما غنيا ذا سطوة ونفوذ، استطاع - بفضل إمداداته المالية التي لا يستطيع مجلس الشيوخ الاستغناء عنها - أن يحمل المجلس على التصويت على قوانين

توسع مجال حقوق الملكية الفكرية، سواء فيما تعلق بمساحة ما تشمله تلك الحقوق أو بمدى استمرارها قائمة في الزمن. والنتيجة إفقار واضح للقطاع العمومي وخسارة بينة للمجتمع برمته.

وأدهى من ذلك وأمرّ أنه قد جرى تبني قوانين توسع من سلطة الشرطة في هذا المجال وتطيل مدد السجن بالنسبة إلى المخالفين وتقلص بشكل كبير حقوقا تقليدية تكاد تدخل في باب الحريات الأساس (كحق الاستشهاد والتضمين والنقد والتوثيق والإقراض وغيرها). والخلاصة أن تقوية حقوق الملكية يقود إلى مزيد من القمع في حق المواطنين ومزيد من التحكم فيهم.

القانون والاستقرار الاجتماعي: الرهانان الحقيقيان في الثورة

قد تبدو الطفرات التقنية في بعض الأحيان مخيفة، لكن من السذاجة أن يظن المرء أن بمقدور تلك الطفرات وحدها أن تحدد معالم مجتمعاتنا في المستقبل. فالقرارات التشريعية هي ما يرسم شكل عالمنا، والتحكيم فيما بين مكونات المجتمع المختلفة هو من شأن الدولة والمؤسسات التشريعية، التي يعود إليها أمر تحديد المصلحة العامة وتقرير أين تكمن تلك المصلحة.

يكاد يكون مستحيلا تصور أن يوجد نظام رقمي منتشر على نطاق واسع معصوما من الخلل ومحصنا ضد كل هجوم. فحين تُبرز مشكلة من هذا النوع رأسها، يكون السؤال الأهم هو: من سيتحمل الخسارة، الصانعون أم المواطنون المستعملون؟ لذلك فإن تحديد المسؤوليات المالية والعقابية بالنسبة إلى كل واحد من هذه الأنظمة – الموجود منها اليوم والذي ما زال لم يوجد بعد – قضيةٌ أساس سيكون لطريقة معالجتنا إياها بالغ الأثر في بنية مجتمعاتنا ذاتها.

ونسوق مثالين شائعين نوضح بهما مشكلة المسؤولية المالية. ففيما تعلق بالبطاقات المصرفية، فإن الدولة قد حسمت الأمر إذ جعلت المصارف تتحمل

الجزء الأكبر من الخسارات المترتبة على عمليات الغش، فجعلت عواقب الثغرات في الأنظمة تقع على عاتق أولئك الذين بيدهم أمر الرفع من درجة الأمان في تلك الأنظمة وسد ثغراتها. لكن الأمر ليس كذلك في مجال الهواتف المحمولة (وكذا بالنسبة إلى الدخول إلى إنترنت عبر الحبال)، إذ استطاع المستثمرون التجاريون أن يجعلوا المستعملين يتحملون الأعباء المالية المترتبة على حالات الغش، وذلك عبر حملهم على التوقيع على عقود مجحفة لا ترعى لهم حقا. ولا يملك المرء إلا أن يتأسف لما يراه من تثاقل الأجهزة الحكومية المسؤولة عن حماية المستهلكين في التصدي لهذه الممارسات الظالمة.

بعد هذه المسألة بالغة الأهمية المتعلقة بمن يتحمل المسؤولية المالية عن حالات الغش، يبقى سؤال قلما عرض له في فرنسا حتى يومنا هذا أحد، ونعني سؤال: من سيلقى السجنَ جزاء له على فعله؟ فبالنظر إلى ما جرى بسطه أعلاه من انعدام الوثوقية الذي يعد سمة جوهرية من سمات كل ما هو رقمي، فقد يتبادر إلى الذهن أن المعطيات الرقمية لا يمكنها أن تكون دليلا يعتد به أمام المحاكم. والحق أنك قلما تجد قاضيا أو محاميا فرنسيا يملك اطلاعا في هذا المجال (فرجال القانون في الغالب ذوو تكوين أدبي)، وقلما تجد محكمة تستدعي خبيرا يثبت لها وجود نقاط الضعف الجوهرية التي تشكو منها الأنظمة الرقمية. والخلاصة أن الأحكام القضائية لا تزال حتى اليوم لم تتخذ في هذا المجال سبيلا واضحا.

غير أنه يكفي أن ترفع قضيتان مهمتان أو ثلاث أمام القضاء كي تتغير الأحكام، أما القانون فهو أصعب تغييرا. وحكام البلدان الغربية يتسابقون اليوم جميعا إلى إقرار قوانين جديدة تعالج مسائل العالم الرقمي، لكن صياغة هذه القوانين توكل في الغالب الأعم إلى أناس كبار السن غير مطلعين على حقيقة الأمور، علاوة على أنهم واقعون تحت تأثير التكتلات الصناعية وخاضعون لضغوط ديماغوجية. لذلك فكثيرا ما تُغفل تلك القوانين حقائق بديهية، مما يجعلها غير ممكنة التطبيق، فإذا جرى تطبيقها فإنه غالبا ما يفضي إلى تقليص كبير للحريات العامة التي اعتدنا عليها حتى اليوم.

ولقد صدق John Katz حين قال إن "كل هذا يجعل المواطن البسيط – وهو أهم مستعمل للتقنيات – في ضيق ما بعده ضيق، بين مطرقة نخبة تقنية تتجاوزه سريعا، وسندان حكام جهلة يجيبون عن غير فهم ويصدرون قوانين في منتهى الغباء."

إننا نشهد اليوم أولى الأزمات، ولقد رأينا كيف أن كثيرا من القوانين الحديثة تنحو نحو توسيع مجال الملكية الفكرية وتدعيم أركانها. وهذه القوانين تفرض على النسخ رقابة تزيد قبضتها في كل يوم شدة، وذاك أساس ما يعرف اليوم باسم حقوق النسخ (copyright). غير أن القراءة نفسها هي في العالم الرقمي نسخ، ذلك أنه لكي يستطيع المرء قراءة وثيقة معينة موجودة على شبكة إنترنت، فلا بد لأجل ذلك من استنساخ الوثيقة المعينة حاسوبا عن حاسوب، حتى إذا بلغت النسخة حاسوب القارئ لزم هذا الحاسوب أن ينجز منها نسخا عدة قبل عرضها للقراءة على الشاشة أو إرسالها للطباعة. ولا شك أن السماح لآخرين بأن يتحكموا في النسخة سرعان ما سيعطيهم حق النظر فيما هو مسموح لنا بقراءته.

مراجع

- Le site de Jean-Michel Yolin : http:/yolin.net
- Le site professionnel de l'auteur : http://nulladi s.com/txm/
- Le site de cette conférence : http://nulladies.com/utls/
- Adresse électronique de l'auteur : txm@m4x.org

حماية الحياة الخاصة ومجتمع الحراسة والإعلام(٤)

بقلم سيسل ألفرنيا

Cécile ALVERGNAT

لقد كان ظهور مجتمع واقتصاد إعلاميين تمثل شبكة إنترنت بنيتهما التحتية الأساس، بمثابة واحدة من أهم الظواهر التي شهدتها نهاية القرن العشرين. ونحن اليوم شهود على التغيير العميق الذي تدخله تقنيات الإعلام والاتصال الحديثة NTIC في الحياة اليومية لدى كل واحد منا، عبر المدرسة وأماكن العمل وحتى البيت نفسه. فهناك اليوم أشكال جديدة من المبادلات تفرض نفسها، سواء على مستوى الإعلام أو الاقتصاد والتجارة أو السياسة أو الإدارة. وسهولة الدخول في دائرة تلك المبادلات تجعل منها أداة جليلة الفائدة في خدمة حرية التعبير وحرية المبادلات بين الأشخاص.

لقد استطعنا مع المعلوميات الصُّغرية(micro-informatique) أن نلمس مجمل الفوائد وكذا العيوب الملازمة لقدرات المعالجة والتخزين ونقل المعلومات، وهي القدرات التي لا يني التقنيون يجدّون في تطويرها ويجتهدون. أما اليوم ومع ظهور إنترنت وانتشار الشبكة في أنحاء العالم، فإننا نكتشف بالفعل مدى التغيير الذي دخل على حياتنا من جراء سهولة الوصول إلى المعلومات وتجميعها ومعالجتها وكذا سهولة نقلها.

---

(٤) نص المحاضرة رقم ٢٥٩ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٥ سبتمبر ٢٠٠٠.

تقنيات الإعلام والاتصال الحديثة تخلق أشكالا جديدة من المبادلات

كثير من الظواهر المتكاملة فيما بينها تساهم في ذلك. فالدخول إلى إنترنت يتطور بشكل كبير، ومجموع عدد الأشخاص المرتبطين بالشبكة في فرنسا اليوم سبعة ملايين، وهم تسعون مليونا في أوروبا وستون وثلاثمائة في العالم.

ليس إنترنت بالعالم المنسجم الرتيب، ولذلك فهو لا يمكن نعته بالاستقرار. فهذه التكنولوجيات تفتح بطبيعتها الأبواب أمام استعمالات جديدة لم نر منها حتى اليوم سوى جانب يسير. أضف إلى ذلك أن التكنولوجيا نفسها تتطور بسرعة لم يسبق لها مثيل، يعود الفضل فيها إلى كون التغيرات الاجتماعية والتقنية يتغذى بعضها على بعض ويزيد بعضها محتوى بعض غنى وثراء.

فما من اكتشاف يح في بقعة من العالم – مهما بعدت تلك البقعة ونأت – إلا ويمكن الاطلاع عليه في حينه في كل بقاع العالم الأخرى وتجريبه ونقله ونشره بكل سرعة. وفي ذلك كله من الاختزال للزمان والمكان ومن سرعة الاستجابة ما يقلب مفاهيم المبادلات عندنا رأسا على عقب. فإذا أضفنا أن إنترنت يتكون من مجموعة من الوظائف التي تتيح تصور استعمالات كثيرة وجديدة في آن، اتضح لنا لماذا لا يزال عالم إنترنت عالما غير مستقر.

إن إنترنت تقنية كونية صيغت لتناسب كل أنواع الشبكات وكل أصناف الحواسيب، تتميز بروتوكولات الاتصال فيها بمرونة تفوق مرونة كل البروتوكولات الأخرى المعروفة حتى اليوم.

ولذلك فإن جعبته من الإمكانات لا تفرغ. فهو قابل للتكيف مع أنواع عدة من الآلات، من أجهزة تلفزة وهواتف محمولة وآلات رقمية شخصية، وحتى مع الكتب الإلكترونية (e-book) وأنظمة التسجيل الموسيقي القائمة على نمط MP3 والأفران العاملة بالأمواج تحت الصوتية. بل إنه يستطيع أن يجمع على حامل واحد بين أنواع من وسائط الاتصال كانت حتى اليوم متفرقة – ونعني الصوتَ والصورةَ

ثابتةً ومتحركة والنصّ المكتوب – فيحملها عبر شبكات مختلفة، من خطوط هاتفية وحبال اتصال وأقمار اصطناعية وخيوط كهربية وغيرها.

ولقد يسر هذا التقارب بين الآلات والشبكات ووسائط الاتصال إنشاءَ قواعد للمعطيات تزداد في كل يوم غنى وكثرة، لم تعد تكتفي بتخزين معلوماتنا الخاصة في ذاكرتها، بل تعدتها إلى تسجيل معطيات سلوكية عنا، كثيرا ما تسجلها عن غير علم منا (كالمعلومات الجزئية المخزنة cookies وعمليات البحث وتحليل الصفحات المستعرضة والكاميرا المرتبطة بالشبكة webcam وغيرها)، وذلك بطريقة لا تفتأ تزداد دقة وعلى كرّات متعددة من خلال تجوال كل منا على الشبكة. وبما أن الشبكة تغطي العالم كله، فإن الحدود الدولية لم تعد تقف حاجزا دون ما يسري عبرها من معطيات ومعلومات تختلف ثقافيا وقانونيا عن بعضها اختلافا شديدا.

ما من وسيلة نقل جديدة ابتدعتها البشرية على مر تاريخها إلا أدخلت بها تغييرا على أنماط التوزيع والتجارة التي كانت قائمة من ذي قبل. لقد أتاح انتشار السيارة إنشاء مراكز التسوق الكبيرة خارج المدن، واليوم يفتح إنترنت المجال أمام تقنيات التسويق والبيع عن بعد. فطريقة التسويق المعروفة باسم طريقة one to one ("رأسا لرأس") قد أحدثت تغيرات غير مسبوقة في مفهوم التسويق ذاته وفي طرق تطبيق معطياته النظرية، إذ أضحى الهدف هو الاقتراب ما أمكن من الزبون عبر السعي إلى معرفة ذوقه واختياراته كأدق ما تكون المعرفة وأشمل.

هنا يتدخل إنترنت وتتدخل التقنيات الجديدة وقواعد المعطيات السلوكية، فتتيح الانتقال من مفهوم تقليدي كان فيه المستهلك شخصا عالميا مبهم المعالم يقترح عليه الصانع بضاعة منمطة، إلى مفهوم جديد يتعامل مع مستهلك محدد يقترح عليه الصانع بضاعة صنعت خصيصا له.

وتعد الأهمية التي تميز اليوم صناديق البريد الإلكترونية والخدمات العديدة المرتبطة بها ظاهرةً تولدت عن شبكة إنترنت وعن طريقة one to one التي جرى

الحديث عليها. فحسب البيان الصحفي الذي أصدرته جمعية المموّنين بمداخل إنترنت في فرنسا (AFA)، فإن عدد الرسائل الإلكترونية التي يبعثها أعضاء الجمعية كل يوم قد زاد بنسبة ٩,١% ليبلغ اليوم ٣٤٦٠٠٠٠ رسالة (علما أن رسالة واحدة مرسلة إلى عدة أشخاص تُحتسب رسالةً واحدة).

ولعل في حالة الرسائل الإعلانية التي يتلقاها المشتركون خير مثال فيما نحن بصدده. والتقرير الذي أعدته حول هذا الموضوع لجنةُ المعلوميات والحريات الوطنيةُ الفرنسية (CNIL) يذكر بالأبعاد الحقيقية التي يتخذها هذا الإشكال. فهناك، فيما تعلق بالإشهار البريدي الإلكتروني، ثلاث وضعيات مختلفة. فالإعلان عبر البريد الإلكتروني قد يبعث به الباعث إلى زبون أو زائر أدلى إليه بكل حرية بعنوانه، أو إلى زبائن مفترضين يحصل على عناوينهم من طرف ثالث، أو زبائن مفترضين كذلك يحصل على عناوينهم انطلاقا من فضاءات إنترنت العمومية.

وينظم القانون الوضعيتين الأوليين، كحال الإعلانات البريدية الإلكترونية في مجال التسويق المباشر مثلا. لكن الوضعية الثالثة تفلت من رقابة القانون وتطرح مشكلا بحكم أن لوائح العناوين التي تُبعث إليها رسائل الإعلان قد جرى تكوينها بطريقة آلية انطلاقا من فضاءات إنترنت العمومية وعن غير علم من أصحاب تلك العناوين ولا موافقة منهم.

وقُل الشيء نفسه في حق كل الأشكال الأخرى من طرائق الإعلان على إنترنت، التي تتيح للمتجول بين أرجاء الشبكة أن يتفاعل مع الرسائل الإعلانية التي يتوصل بها. ولنضرب في ذلك مثلا بموقع Bananalotto، الذي يقترح عليك الاشتراك مجانا في اللعبة، لكن شريطة أن تقبس على إشهار معين حين تريد التصديق على مشاركتك، فإذا فعلت أدخلت عنوانك وأنت لا تدري في لائحة يجري إرسالها مباشرة إلى الشركاء الإعلانيين. ولا حاجة إلى القول إن ذلك يتيح أيضا لأصحاب الشأن الحصول على معلومات عن اللاعب المشارك.

ولنضف في الختام أن سجلات الزبائن هي واحدة من أهم الثروات التي تقوم عليها شركات التجارة الإلكترونية.

أداة لتجميع المعطيات الشخصية ما مثلها في القوة والنجاعة أداة في شبكة إنترنت:

- يكون الثمن المطلوب دفعه للحصول على المعطيات الشخصية زهيدا مقاربا للصفر، بحكم أن المستعمل هو من يُدخل معطياته بنفسه في الشبكة، مما يجعلها لا تبلغ المُجمِّع (collecteur) إلا وهي مشفرة جاهزة؛
- يتجمع هناك عدد كبير من المعطيات غير المرئية حول سلوكنا وأذواقنا وقراءاتنا وغير ذلك، يمكن لمن شاء استغلالها قصد معرفتنا معرفة أفضل لغايات تجارية وغيرها؛
- تتاح إمكانية تخزين المعلومات ومعالجتها والوصول إليها ونقلها بطريقة أمثل وبثمن أقل.

فيما مضى، كان تكوين ملف يتضمن معطيات خاصة بشخص معين يستدعي رغبة واختيارا من قِبل الإدارة أو المقاولة التي يخضع الشخص المعني لها أو يرتبط بها. كما أن الملفات المكونة ذاتها كانت منفصلة عن بعضها بعضا، ومخزنة على حوامل مختلفة وفي أماكن غير مرتبطة بالضرورة ببعضها، مما كان يجعل من عملية استغلالها بطريقة مترابطة أمرا عسيرا شاقا باهظ التكاليف.

أما اليوم، فقد أضحى بإمكان أي كان أن يجمع عمن شاء منا ملفا شاملا دقيقا، وذلك بفضل ما أصبحت عليه التقنيات والشبكات من قوة ومقدرة، وكذا بفضل شيوع أنماط موحدة من البرنامات والاتجاه إلى تبسيط التقنيات وتعميمها. ولنذكر في هذا الصدد بأن ما قلناه يتصل بالحياة اليومية التي يحياها كل منا. فما هي الوسائل المختلفة التي تتيح تَتَبُّعَنا وتكوين ملفات عنا وعن حياتنا المهنية والخاصة؟

المعطيات التي تتوفر حين الارتباط

عند كل ارتباط بالشبكة، يتلقى مموّن الزبون المعلومات المتعلقة بتحديد هوية هذا الأخير، من عنوان IP الذي يُعرِّف بالحاسوب المستعمل، إلى رقم الخط الهاتفي فوقتِ الاتصال فمُدَّتِه.

المعطيات المعلنة

يتعلق الأمر بالمعطيات التي يدلي بها المرء بمحض إرادته، ومنها:

- معطيات الهوية الشخصية، من اسم وعنوان ورقم هاتف وعنوان إلكتروني، وهي معطيات يكون الإدلاء بها في كثير من الحالات ضروريا لتسليم البضائع المقتناة (انظر مثلا بهذا الصدد www.telemarket.fr)؛
- معطيات حول أفضليات المستعمل الشخصية وميولاته ومراكز اهتمامه، ومعطيات أخرى تكميلية عنه، لا بد من الإدلاء بها لمن رغب في الاستفادة من بعض الخدمات، كالاستفسار عن أنسب أسعار الفوائد عن القروض على سبيل المثال (انظر مثلا www.meilleurtaux.com).

آثار التجوال يتركها المرء على الشبكة

تعتمد أغلب المواقع الإلكترونية على ما يعرف باسم cookies (أي المعلومات الجزئية المخزنة)، ويتعلق الأمر بملفات صغيرة يبعثها ممونو المواقع التي يزورها المستعمل، فيجري تخزينها في القرص الصلب في حاسوب هذا الأخير، مما يتيح للمسؤولين عن المواقع المعنية تخزين كل المعلومات عن تجوال المستعمل عبر الشبكة، أي عن المواقع التي يزورها ومدى تردده على كل موقع منها وتاريخ آخر زيارة قام بها إليه والمواضيع التي تحوز اهتمامه وما إلى ذلك.

أما أول الشركاء في هذه المراقبة، فهم ربابنة التجوال navigateurs، (مثل Internet Explorer أو Netscape Communicator). ولمساعدتكم في فهم ما يجري وفي حماية أنفسكم، هناك مواقع مثل موقع لجنة المعلوميات والحريات الوطنية الفرنسية CNIL، الذي يمكن دخوله على العنوان التالي: www.cnil.fr.

المعلومات المستقاة من منتديات الحوار ومن المواقع العمومية الموجودة على إنترنت

لقد بلغت محركات البحث درجات من القدرة جعلت من الممكن القول إنه لا حدود لقدرتها، وإنه ما من معلومة يجري نشرها على الشبكة واضحةً دون ترميز إلا رصدتها تلك المحركات وخزنتها، مما يجعلها تتيح لأي كان أن يحصل على ما يلي:

- العنوان الإلكتروني الخاص بشخص مسجل في قاعدة معطيات، أو منخرط في مجال من المجالات العمومية، من قبيل منتديات الحوار ومواقع المؤسسات الممكن دخولها انطلاقا من الشبكة؛
- مجموع مواضيع الحوار التي شارك فيها الشخص ومحتوى ما شارك به، مما يعني كما من المعطيات حول الآراء الشخصية والأذواق والميولات وغيرها، يدلي بها المرء في سياق خاص من التبادل بين مجموعة من الناس، ولا هدف له من وراء ذلك سوى الحوار؛
- انتفاء الغُفلية. فيكفيك أن تُدخل اسم أي شخص إلى محرك من محركات البحث كي يوافيك المحرك بقائمة المواقع التي يجري فيها ذكر ذلك الشخص، من لوائح أعضاء المنتديات الحوارية إلى قوائم أعضاء الجمعيات الموضوعة على الشبكة إلى الفهارس المكتبية ولوائح المشاركين في الندوات وغير ذلك. وفي هذا كله كما نرى ما يتيح تكوين ملف على قدر كاف من الدقة عن الشخص المعني.

تحديد الموقع الجغرافي

لقد سرى استعمال الهاتف المحمول بين الناس سريان النار في الهشيم (هناك اليوم خمسة وعشرون مليونا من الهواتف المحمولة في فرنسا، القادر منها على الارتباط بالشبكة عشرة آلاف جهاز، ستصبح أربعين مليون جهاز في مدى السنوات الثلاث القادمة)، وهو الأمر الذي يتيح عرض خدمات تقوم على كون الاتصال بمستعمل الهاتف النقال ممكنا في أي وقت كان وبطريقة آنية. أما غدا، وبفضل نظام التثليث triangulation (سيصبح من الممكن، انطلاقا من ثلاث نقط جغرافية معينة، تحديد مكان أي هاتف محمول اعتمادا على نظام GPRS بدقة عشرة أمتار، ستصبح مترا واحدا عما قريب بفضل تكنولوجيا UMTS)، فإن خدمات جديدة ستظهر إلى الوجود، يتوصل الزبون عبرها على هاتفه النقال بمعلومات محددة في المكان، من قبيل عنوان مطعم أو مكان أقرب محطة بنزين، كل ذلك مصحوبا بخريطة تساعده في الوصول إلى هدفه.

المراقبة عبر الفيديو: لقد أضحى من الممكن – بفضل الكاميرات المعروفة باسم webcam، وهي كاميرات صغيرة مرتبطة بالشبكة – تخزين صور حسب معايير محددة (من مثل المراقبة السلوكية في فضاء مادي معين مثلا)، مما يتيح تكوين ملفات منظمة.

داخل المقاولة

يعج القرص الصلب والبريد الإلكتروني وعمليات الارتباط بالشبكة بكم هائل من المعلومات حول أنشطة المأجورين في مقر العمل، يمكن لرب العمل استعمالها في مراقبة مردودية كل واحد من مستخدميه. وقد كشف تحقيق أجرته مؤسسة American Management Association أن نحو ٤٥% من المقاولات الأمريكية تطبق مراقبة إلكترونية على مستخدميها، حيث تقرأ مراسلاتهم الإلكترونية وتراقب الطريقة التي يستعملون بها إنترنت.

ونذكر في هذا المجال بمثال الشركة البريطانية Orange التي طردت ستين أجيرا من أُجرائها بدعوى أنهم يدخلون إلى المواقع الإباحية في ساعات العمل. أما في فرنسا - كما هو الحال بالنسبة إلى شركة Renault مثلا - فإن أغلب المقاولات الكبرى تعتمد مواثيق استعمال يتعهد المستخدَمون باحترام مقتضياتها.

وحسب لجنة المعلوميات والحريات الوطنية الفرنسية CNIL، فإن بعض المواثيق لم يجر الاتفاق عليها مع ممثلي المستخدمين والنقابات، الذين لا يزالون غير مطلعين بما يكفي على سبل معالجة المعطيات الاسمية.

قياس المؤشرات الشخصية biométrie

يتعلق الأمر بتحديد هوية الشخص بالاعتماد على إحدى مكوناته السلوكية أو الجسدية، من قبيل الصوت وقزحية العين وشكل الوجه وحتى بصمات الأصابع. ويتيح استعمال المؤشرات الشخصية بدوره، بالاعتماد على إنترنت، تكوين قواعد معطيات حول الأشخاص.

وسائل لخلق الثقة وإشاعة الأمان

يحول الاتصال عبر إنترنت والتجارة الإلكترونية دون حصول الاتصال المادي الجسدي الذي لا مناص منه في كثير من الأحايين لقيام علاقة ثقة بين الطرفين المعنيين.

وحديثنا عن الأمان لا يعني فحسب المبادلات المالية التي تجري عبر إنترنت. فنزع الصفة المادية عن الأشياء خلال المبادلات الإلكترونية يغطي قطاعات واسعة، وسواء تعلق الأمر بإرسال وثائق شخصية أو مهنية، أو بنشرات قانونية أو ما شابهها، تتضمن معلومات اسمية، أو بقواعد معطيات ذات طبيعة عمومية، فإن كل ما يجري نشره على الشبكة العالمية والعمومية التي هي إنترنت، يستدعي قدرا كبيرا من الحيطة والحذر.

لقد بينت استطلاعات الرأي التي أجريت مؤخرا بين مستعملي إنترنت طبيعة المخاوف التي يستشعرونها لدى التعامل مع الشبكة. فقد أعلن سبعون في المائة من المستعملين الأمريكيين أنهم يسارعون بالخروج من المواقع التي تطالبهم بالإدلاء بمعلومات شخصية، أو يدلون إليها بمعلومات خاطئة (المصدر: منظمة التعاون والتنمية الأوروبية OCDE، ١٩٩٩).

ما العمل للقضاء على مثل هذه المخاوف؟ لا مناص من إقامة قواعد واضحة ودقيقة، تصاحبها تكنولوجيات تتيح تفعيلها. وذاك كله هو الدور المنوط بعملية الضبط régulation، بعد استشارة المواطنين والمستهلكين والمهنيين. وقل الشيء نفسه في حق التشفير والتوقيع الإلكتروني والمعطيات المهنية أو المتعلقة بالحياة الخاصة والتجارة الإلكترونية والاتصالات عن بعد وغيرها مما جرى ذلك المجرى.

ما من مبدأ من المبادئ العامة ولا حق ولا واجب يرتهن به الأمان في مجال إنترنت إلا وصادقت عليه توصيات أوروبية جرى تبنيها من قبل دول الاتحاد الأوروبي جميعا، وتلك المبادئ والقواعد جميعها قد جرى إدماجها – أو هي في طريق الإدماج – في القوانين الوطنية السارية في كل بلد من بلدان الاتحاد.

ولنضف إلى هذا كله الحلول التكنولوجية القمينة بأن تتيح تفعيل هذا القانون، وهي حلول توجد في مجالات عدة، وكذا المواثيق والعلامات التجارية والشهادات وقواعد حسن السلوك القائمة فيما بين المهنيين والمستهلكين.

العودة إلى قيم الجمهورية

ينص الإعلان العالمي لحقوق الإنسان الصادر في ١٧٨٩، في مادته الرابعة، على أن "الحرية تتمثل في القدرة على فعل كل ما لا يصيب الآخرين

بضرر، وكذا في كون ممارسة الإنسان حقوقه الطبيعية بكيفية حرة لا تعرف حدودا إلا الحدود التي تتيح للآخرين ممارسة الحقوق نفسها، وهي حدود لا يمكن تعيينها إلا من قبل القانون"

أما الإعلان العالمي لحقوق الإنسان الصادر في ١٠ ديسمبر ١٩٤٨، فينص على أنه "لا يجوز التدخل دون وجه حق في الحياة الخاصة بشخص معين أو في شؤون أسرته أو بيته أو مراسلاته، كما لا يجوز المس بشرفه ولا بسمعته."

وأما في فرنسا، فإن قانون ٦ يناير ١٩٧٨، المتعلق بالمعلوميات والملفات والحريات، فيذكّر من مادته الأولى بأن "المعلوميات ينبغي لها أن تكون في خدمة المواطن، وأن تطورها ينبغي له أن يندرج في إطار التعاون الدولي، وأنه لا ينبغي لها أن تلحق مسا بالهوية الإنسانية ولا بحقوق الإنسان ولا بالحياة الخاصة ولا بالحريات شخصيةً وعامة.

ولا غرو، فمسائل الملفات وحماية المعطيات الشخصية واحترام الحياة الخاصة هي كلها من بين أولويات المجتمعات الديمقراطية.

لقد جاءت تقنيات الإعلام والاتصال الحديثة NTIC، وبالخصوص منها إنترنت، بقفزة نوعية في مجال التطبيقات التكنولوجية، مما جعل الأسئلة التي كانت مطروحة قبل أزيد من عشرين عاما تعود لتطفو إلى السطح بشكل جديد. فالوعي برهانات التكنولوجيا بدأ تاريخيا يتشكل في أوروبا مع تطور المعلوميات الإدارية، وفي فرنسا مع قيام النقاش حول إنشاء محدد هوية واحد يعتمد على رقم الضمان الاجتماعي ويتيح إمكانية الربط بين قواعد المعطيات العمومية. وقد أقدمت فرنسا، باسم الخطر الذي يتهدد الديمقراطية والحريات، على إقرار قانون في السادس من يناير عام ١٩٧٨، بعد سنوات قليلة من قيام السويد بالخطوة ذاتها.

هذا القانون هو ذاته الذي ستستلهمه بعد ذلك بسنوات ثلاث المعاهدة الدولية الأولى في الموضوع، ونعني معاهدة المجلس الأوروبي Convention

الموقعة في ٢٨ يناير ١٩٨١. وقد جرى تبني هذه المعاهدة – التي تعد بمثابة قرينة للمعاهدة الأوروبية – من قبل عشرين بلدا حتى اليوم.

أما التوصية Directive الأوروبية الصادرة في ٢٤ أكتوبر ١٩٩٥، فقد أكدت التزام خمس عشرة دولة عضوا في الاتحاد الأوروبي، وزكت المبادئ العامة والحقوق والواجبات التي أعلن عنها القانون الفرنسي قبل ذلك بسبع عشرة سنة. وبذلك أصبحت كل الدول الأعضاء في الاتحاد تتوفر – على غرار النموذج الفرنسي – على قانون "المعلوميات والحريات"، وعلى سلطة مستقلة للضبط والتحكم.

وحتى يومنا هذا، فإن أربعين دولة قد صادقت على قانون "المعلوميات والحريات"، منها كندا وسنغافورة وأستراليا ونيوزيلندا وكوريا الجنوبية وهونج كونج وإسرائيل والمجر وبولونيا وروسيا وغيرها.

وسنكتفي بالتذكير بمبادئ قانون "المعلوميات والحريات" الفرنسي، التي أخذت بها التوصية الأوروبية:

- مبدأ الغاية: لا يمكن استعمال المعطيات المتعلقة بشخص معين دون إذن منه لغاية غير الغاية التي جمعت تلك المعطيات من أجلها.
- مبدأ التناسب: لا يجوز أن يُطلب من الشخص الذي تُجمع حوله المعطيات أن يدلي بمعلومات غير ضرورية للخدمة التي تُجمع تلك المعطيات من أجلها.
- مبدأ الأمانة: لا يجوز تجميع معطيات ولا معالجتها عن غير علم من الأشخاص المعنيين بها.
- مبدأ الدقة وتحيين المعلومات وأمان المعالجات.
- مبدأ الشفافية المعترف به للأشخاص، أي حقهم في الوصول إلى المعطيات المتعلقة بهم وتغييرها إذا رأوا ذلك.

- حق الاعتراض: للأشخاص الحق في الاعتراض على استعمال المعطيات الخاصة بهم استعمالا تجاريا أو نقلها إلى طرف ثالث.
- حق النسيان: ينبغي أن يكون زمن الاحتفاظ بالمعطيات الاسمية محدَّدا ومحدودا ومتناسبا مع الغاية المنشودة من تجميع تلك المعطيات.

ولقد أنشئت سلطة إدارية خاصة – هي لجنة المعلوميات والحريات الوطنيةُ CNIL – بموجب القانون ذاته، ومهمتها الحرص على التحقق من احترام مقتضياته، وتتبع التطورات التكنولوجية وما ينجم عنها من استعمالات جديدة، وإحصاء الملفات، وضمان حق الدخول، والحرص على جعل الناس على علم بحقوقهم وواجباتهم.

واليوم وقد جرى إدماج التوصية الأوروبية في القانون الفرنسي، فإن ما سيستتبعه ذلك من تحيين للقانون سوف يتيح لفرنسا أن تعيد التأكيد على كون حماية المعطيات الشخصية والحياة الخاصة حقا أساسا من حقوق الأفراد ورهانا من أهم رهانات مجتمع الإعلام.

ومن جهة أخرى، فإن أوروبا تستعد اليوم لإعطاء هذا القانون صفة دستورية في مجموع دول الاتحاد، وذلك في سياق الأشغال الجارية حاليا، والهادفة إلى إقرار ميثاق بالحقوق الأساس.

ولا بد من الدفاع عن هذه القيم خلال المفاوضات بين البلدان المختلفة. وذاك ما حصل بالفعل أثناء المفاوضات التي جرت بين الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة الأمريكية، وهو ما تجسد في ما عرف باسم safe harbor ("المرفأ الآمن") الخاص بسيل المعطيات العابرة للحدود. وما يلاحظ في هذا المجال أن تلك الدول التي كان يسود فيها الضبط الذاتي هي التي تطالب أكثر فأكثر بتأطير قانوني. ذلك ما أسفر عنه مؤتمر نظمته غرفة التجارة الأمريكية وجمع بين أعضاء مجلس الشيوخ والإدارة والقطاع الخاص في ٢٠ يوليو عام ٢٠٠٠.

الملكية الفكرية والتكنولوجيات الحديثة
نحو البحث عن نموذج جديد(*)

بقلم ميشيل ڤيڤان
Michel VIVANT

إن في الجمع بين الملكية الفكرية والتكنولوجيات الحديثة ما يمكن وصفه، باستعارة تعبير من تعابير الجريدة الفرنسية الساخرة الشهيرة Le Canard Enchaîné، بأنه "تحالف مرعب". فما يدعى "التكنولوجيات الحديثة" (وهي بالمناسبة عبارة منقولة عن الإنجليزية، وتخريجةٌ تعبيرية متواضعٌ عليها) هو مجموع تكنولوجيات الإعلام والاتصال، أي تكنولوجيات المعلوميات وإنترنت، وهما معا عالمان جديدان استطاعا، خلال بضعة عقود من الزمن، تغيير نظرتنا إلى الدنيا من حولنا تغييرا جذريا، مما صار معه الحديث عن "عالم ما بعد الصناعة" أو "مجتمع الإعلام" حديثا مألوفا، رغم أنه حديث لا يتسم بما يليق أن يصاحبه من حس نقدي.

غير أن المعلومات التي يقوم عليها كل هذا هي موجودة في أمكنة أخرى، وتتسبب هنا أيضا في زعزعة الملكيات الفكرية. ولنتذكر بهذا الصدد المسألة الشائكة المتعلقة بضبط ملكية المقاطع الجينية التي تتحول هي أيضا، حين تكون مشفرة، إلى معلومات.

وحتى إذا شئنا قصر الحديث على تكنولوجيات الاتصال والإعلام وحدها، فما هي يا ترى نتيجة مواجهتها بالملكية الفكرية، أو قُل الملكيات الفكرية بتعبير أصح، إذ هي متعددة، من إجازات الاختراع إلى حقوق الفنانين والممثلين فغيرها

(*) نص المحاضرة رقم ٢٦٠ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٦ سبتمبر ٢٠٠٠.

من الحقوق؟ إن تلك المواجهة تتجلى بطرق شتى. ولن أجازف بمحاولة وضع جدول شامل، لكنني سأتناول بالحديث العلامة التجارية وإجازة الاختراع وحقوق المؤلف وما يتصل بها من حقوق هي من صميم موضوع بحثنا.

لقد أثارت العلامات التجارية جدلا واسعا في مواجهتها مع أسماء المجالات domaine التي تعد عنصرا رئيسا لا غنى عنه لمن شاء التجوال عبر شبكة إنترنت. لا بد إذن من أن يولى إلى كل من العلامة واسم المجال مكانَهما في النسق. فهل ينبغي اعتبار هذا الاسم أكثر من مجرد عنوان، أي التعامل معه على أساس أنه محدد هوية جديد (تماما كالعلامة التجارية وقبلها اللوحة الإعلانية أو الاسم التجاري مثلا)، وأية صفة ينبغي إيلاؤها إياها؟ وهذه ليست إلا أولى التساؤلات، وكل ما يمكن ملاحظته حتى الآن هو أنه مع اسم المجال لم تعد القاعدة تكتفي بتدبير الندرة كما هو الشأن في أغلب الحالات، بل لعلها أضحت تنظمها...

أما مع العلامة التجارية، فإن السؤال الذي يُطرح يتعلق بما يجب عمله لتكييف قانون صيغ في القرن الثامن عشر، وصيغ من أجل تنظيم شؤون الاختراعات الميكانيكية. فعلى حين كان النموذج المعتمد يومها هو الآلة التي تعمل بنظام تروس، من مثل الساعة التي استعملها Voltaire في صناعة ساعته الدقاقة الكبيرة، فإن المعلومات قد أضحت اليوم هي قلب التقنية النابض، هذا علما أن الإعلام والتقنية يبقيان في العرف الشائع شيئين مختلفين. ولا يبرأ مكتب العلامات التجارية الأوروبي الموجود في ميونيخ من مثل هذه الانتهاكات في حق العرف الشائع بين الناس. فالنظام الاسمي يسود فيه، وما يهم هو تفادي الكلمات الممنوعة. غير أنك قليلا ما تجد اسما يحتمل من المعاني المتعددة ما تحتمله لفظة "معلومات"، ولعمري إن أولئك الذين يقولون بكون آلة عصرنا هذا آلة افتراضية، وبأنه من الممكن الحصول عبر الأُثمونات على ما كان في الماضي القريب يستدعي تروسا وعجلات منزلقة على كرات حديدية، لعمري إنهم فيما يذهبون إليه لعلى صواب.

لئن كانت المعاهدة الموقع عليها في ميونيخ عام ١٩٧٣ تحت اسم "المعاهدة الأوروبية حول العلامات التجارية" تمنع منح علامات تجارية عن برامج الحواسيب، فإن المكتب - إذ تمثل العلامات بالذات مصدره المادي الوحيد - لا يتوانى عن منح مثل تلك العلامات عبر وسائل ملتوية لا يلبث التقعيد doctrine أن يضفي عليها نوعا من العقلانية. وبسبب الضغوط الأمريكية القوية، فإن الأمر لم يعد يتعلق بمعرفة ما إذا كان ينبغي منح علامة تجارية عن البرنامات أو حتى عن محركات البحث نفسها. فهذه الضغوط تجعل العلامة التجارية تخرج رويدا من عالم الصناعة والتقنية لتحتل احتلالا كاملا مجال "المفيد"، مع كل ما يكتنف هذه اللفظة من غموض.

وردا على الإمبريالية بإمبريالية مثلها، فإن حقوق المؤلف - وكذا ما دعوته قبل قليل بالحقوق المتصلة بها، والمسماة أيضا بالحقوق القريبة، وأيضا جميع الحقوق التي تجري هذا المجرى - هي ما ينبغي اليوم الاهتمام به. والمنظور الذي نعتمده هنا هو الذي تقود المواجهة في ضوئه إلى أكثر إعادات النظر جذرية.

فحقوق المؤلف هي اليوم، ونحن نعبر من ألفية إلى أخرى، أبعد ما تكون عن تلك التي كان Beaumarchais وبعده Hugo من روادها الأولين. فسواء تعلق الأمر بحقوق المؤلف ذاتها، أي تلك المعروفة في بلدان أوروبا القارية وأمريكا اللاتينية وكثير من الدول العربية وبلدان أفريقيا الناطقة بالفرنسية، أو بالحقوق المعروفة في أمريكا الشمالية والبلدان الأنجلو-سكسونية تحت اسم copyright (وهو لا يطابق سابقه تمام المطابقة ولا يختلف عنه تمام الاختلاف)، فإن الثغرة قد حدثت مع ظهور الفكرة القائلة بأن الصنفين معا من الحقوق كانا يتحكمان في أشكال معينة، قد تكون أدبية أو موسيقية أو فنية منحوتة أو مصورة أو غير ذلك، لكنها في نهاية المطاف أشكال. والحال أنه ما من شيء إلا وله شكل، لأن الفكر البشري لا يستطيع إنتاج شيء لا شكل له. لكن ذلك سيعني أن حقوق المؤلف موجودة في كل مكان، إذا صح أن اللامادي الذي ينتجه الفكر البشري - حسب تعبير أحبه كثيرا - موجود في كل مكان.

خليط نشاز

تقنيات الإعلام والاتصال، العالم اللامادي، المعلومات، حقوق المؤلف: تِلكم جميعا هي المكونات التي ستجتمع مكونة خليطا نشازا ومذهلا في آن، يستدعي مراجعات صارمة لا هوادة فيها. فهناك مخترعات جديدة ترى النور، من برنامات وقواعد معطيات ووسائط متعددة، في حين تجري "مراجعة" مخترعات قديمة، من قبيل الموسيقى والصور المرقمة على سبيل المثال. كما أن أدوات جديدة صارت في متناول الباحثين، من مثل أدوات التركيب أو الحبك الإعلامي، وظهرت أشكال جديدة من الإبداع، نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر تقنيات التركيب وكذا الرسوم المتحركة ذات الثلاثة أبعاد.

فهل يجوز القول إن القانون القديم قد عفا عليه الزمن؟ لا يتردد بعض الناس في الجواب بنعم، ومنهم على الخصوص John P. Barlow، مؤسس Electronic Frontier Fondation، الذي أصدر حكمه البات قائلا: "إن كل ما كنتم تعرفونه عن الملكية الفكرية خطأ." غير أن هناك من جهة أخرى أنصار قانون صارم ثابت لا يرى في "التكنولوجيات الحديثة" سوى حالة طارئة لن تلبث أن تزول، في حين يبقى هو (إلاَّ أنْ يقع عكس ذلك) راسخا مكانه لا تنال منه تقلبات الأجواء ولا ضربات البرنامات ولا أنواء الشبكات الإلكترونية.

وكما هو الشأن في أغلب الأحوال، فإن الحقيقة توجد في منتصف الطريق بين الطرفين. فقد أدى ظهور ما بات يعرف باسم "الممتلكات الإعلامية" في المجال القانوني إلى انبثاق فهم جديد لحقوق المؤلف والحقوق المتصلة بها. وحيث إن انتصار منطق السوق يسير في تواز مع وضوح معالم شبح العولمة، فلا غرو أن نرى التناقضات جميعها تزيد حدة وبروزا. وعليه فيبدو من الضروري، بقطع النظر عن المناظرات والمماحكات القانونية، أن نتساءل عن كنه النموذج الجديد الذي ينبغي أن نتجه الآن نحوه.

انتعاش المعلومات بما هي قيمة

ليس الانتقال من إبداعات مثل القصيدة الشعرية أو اللوحة المرسومة أو التمثال المنحوت إلى ما يدعى اليوم برنام أو قاعدة معطيات أو صفحات شبكية أو علائق بين النصوص المتعددة، ليس هذا الانتقال مجرد توسيع لمجال المادة. فموضوع القانون، سواء أتعلق الأمر بحقوق المؤلف أو بما سميته "الحقوق المتصلة" قد صار يكتنفه غموض كبير.

لقد بدأ الحديث يدور عن "الممتلكات الإعلامية" مع ظهور البرنامات، وصار من المألوف اليوم سماع تعابير من قبيل "الأعمال الإعلامية". لكن ذلك لا يمنع أنصار حقوق المؤلف المتشددين من أن يذكرونا - وهم على صواب في ما يذهبون إليه - بأن تلك الحقوق، إن لم تكن تنحصر في الفنون الجميلة وحدها، فإنها لا تعنى سوى بشكل العمل وحده، أي بالشكل الذي يتخذه العمل، لا بمضمونه ولا بما يحمله من رسالة إذا ما كانت هناك من رسالة، ولا بما يتضمنه من "معلومات". فبمقدور البطلة الإغريقية Hélène أن تفر مائة مرة مع معشوقها Pâris، لكن "ذهب السلام الرمادي" الذي يذهب إلى غير رجعة، يبقى ملكا للكاتب المسرحي Jean Giraudoux وحده. وهاك مثالا آخر هو مثال نظرية النسبية التي لا تشملها، في شقيها المحدود والموسع، أية حماية قانونية، في حين يتمتع الكتيب الصغير الذي أصدره Einstein بالعنوان نفسه بحماية حقوق المؤلف. لكن متى كان الموضوع الذي يتناوله القانون عبارة عن "مجموعة إعلامية"، من نحو قاعدة معطيات مثلا، فإنه يضحي من الصعب إقناع أي كان بأن القانون لا يعنى بكل ما هو من قبيل المعلومات. والشيء نفسه يصدق في حق البرنامات التي ما هي إلا معلوماتٌ معالَجةٌ وُضعت لأجل أن تقوم بمعالجة معلومات أخرى. وهذا الخلط يفسر جزئيا ما يقع بين الصحافيين وناشري الصحف من سوء تفاهم حول ما إذا كان من حق هؤلاء أن ينشروا ما يكتبه أولئك، أن ينشروه على صفحات النسخ الإلكترونية من جرائدهم. فالجريدة مطبوعةً على الورق أو منشورة على الشبكة

الإلكترونية تبقى في الحالين مصدر أخبار، لكنها منظورا إليها من حيث التقديم والتصفيف وما إلى ذلك، كثيرا ما تكون في كل من الحالين عملا مستقلا عن الآخر.

لقد كان في بروز المعلومات بهذا الشكل واتخاذها صفة قيمة في حد ذاتها ينبغي أخذها في الحسبان، ما استدعى إدخال تغييرات على القوانين القائمة، بل وفي بعض الأحيان إقامة قوانين جديدة مكانها. وعلى سبيل المثال، فإن الاعتراف بالحق في تفكيك الشفرات فيما تعلق بالبرنامات يتيح - في ظل شروط معينة ومن أجل جعل الاشتغال التفاعلي بين البرامج ممكنا - الوصول إلى الشفرة المصدر في برنام محمي. وإني لأتساءل ليت شعري ما الذي يمكن أن يعنيه هذا بالنسبة إلى أعمال Faulkner أو Thomas Mann مثلا؟ وهذا التشبيه قد يبدو في ظاهره غير موفق، لكن يبيحه لي كون الولايات المتحدة وأوروبا لا تميزان بين البرنام والعمل الأدبي. أما القوانين المستحدثة، فنضرب فيها مثلا ذلك القانون الفريد الخاص بقواعد المعطيات الذي صدر منذ سنوات قليلة، والذي أكتفي الآن بذكره على أن أعود إليه فيما بعد.

وفوق هذا وذاك، فإن بروز المعلومات واتخاذها صفة قيمة في حد ذاتها قد كان وراء ظهور مقاربات جديدة. فقيمة أعمال فنان معين في سوق الفن شيء يمكن صناعته، والسينما (وأعمالها اليوم جزئيا مرقمة) قد جاءت بمنطق "الصناعة الثقافية" (وهو تعبير لعمري بليغ). أما اليوم ومع اكتساء المعلومات صفة قيمة في حد ذاتها، فإننا نلج عالما يقوم على منطق السوق، وواضح أن القانون الذي صيغ بناء على نظرٍ في السوق لا يمكنه أن يكون مطابقا للقانون الذي يصاغ من أجل أعمال يمكنها، في أحسن الأحوال أو في أسوئها، أن تُطرح في تلك السوق.

انتصار المنطق التجاري

نحن نشهد اليوم انتصارا للمنطق التجاري.

وهو المنطق الذي أضحى اليوم عنصرا صالحا لتبرير نشر الحماية لتشمل هذا الأمر أو ذاك. فهناك كما يقولون أموال مستثمرة، وحيثما كان استثمار وجب أن تكون هناك حماية. وهذا مبرر قد سمعناه قبل سنوات مضت، حين كان الأمر يتعلق بقواعد المعطيات، ناهيك عن أن أولئك الذين كانوا يدلون بهذه الفكرة يدافعون بها عن مصالح الناشرين الإلكترونيين، إنما كانوا يرددون، وربما عن غير وعي، المبررات نفسها التي كان يدلي بها في القرن الثامن عشر "الكتبيون"، وهو اسم الناشرين في لغة ذلك العصر، أي بمعنى آخر المستثمرون الذين كانوا يطالبون بحقوق ضد المؤلفين.

ذلك أننا لا يمكن أن نتجاهل أن هذا المنطق التجاري المنتصر يجري استعماله بصفة متزايدة عنصرا مرجعيا. فحقوق المؤلف (وبصفة أخص حقوق المؤلف بالمعنى الحصري لا الحقوق المعروفة تحت اسم Copyright) كانت وستبقى حقا للمؤلفين. أما القانون الجديد الذي تتضح معالمه أمام أعيننا يوما عن يوم، فيولي الاستثمارات اهتماما كبيرا، مما يجعله في كثير من الأحايين لا يولي بالا للإبداع ولا يقدره بما هو صورة من شخصية المؤلف. وهكذا أدت إرادة حماية البرنامات وقواعد المعطيات إلى إضعاف مقتضى الأصالة الذي كان في الماضي شرطا من الشروط المطلوبة من أجل توفير الحماية، فأضحى اليوم كثيرا ما ينظر إليه بصفته "إسهاما فكريا" لا أكثر ولا أقل. والنتيجة أن الحماية المترتبة على حقوق التأليف باتت متاحة لأعمال سطحية تافهة لا تحمل من الأعمال سوى الاسم. فمن الصعب أن نطلق اسم العمل أدبي على عمل تجميعي أو صفحة استقبال على موقع إلكتروني، رغم أن العملين معا يستدعيان استثمارا - ولو من الوقت على الأقل - يزيد أو ينقص.

لا عجب إذن أن نرى المستثمر يلقى عناية واهتماما متزايدين، يوازي تزايدَهما بالتالي تناقصٌ فيما يلقاه منهما المؤلف. ولنكتفِ في ذلك بمثلين نسوقهما. فإذا كانت القاعدة في القانون الفرنسي هي أن حقوق المؤلف تعود إلى صاحبها

حتى ولو كان أجيرا يتلقى أجرا ثابتا، فإن دخول البرنامات تحت لافتة حقوق المؤلف قد أدى إلى تبني قاعدة خاصة بهذا المجال، تتحول الحقوق بمقتضاها إلى المقاولة، كما شكل انفجار الوسائط المتعددة في ارتباط بالخط multimédia on line نقطة انطلاق لتفكير جاد – ومنطقي أيضا – حول الصفة التي يجب إضفاؤها على إبداع المأجورين. وقد شمل هذا التفكير كذلك القوة التي يجب الاعتراف بها للحق المعنوي العائد إلى المؤلف – والذي يعد "الحق في الاحترام" الواجب إبداؤه تجاه العمل الإبداعي فرعا من فروعه – في حين أن الممارسات المعهودة في الشبكة، وكذا النصوص المتعددة والاشتغال المشترك interactivité تحمل على التسليم بأن هناك "حركية" للعمل تناقض كل طبيعة لامادية. غير أنه لا ينبغي أن يغتر المرء بذلك، فلئن كانت هذه الحركية من صميم طبيعة cyber-art، فإنه من الواضح أن المستثمرين هم الذين يطالبون بأقصى حد من حرية التصرف في النصوص التي ينشرونها على الشبكة (ولا ننسين أن كل صفحة من صفحات الشبكة هي في حد ذاتها مجموعة من الأعمال، تتضمن تصاوير وموسيقى)، مما يعني أن الأمر يتعلق فعلا بحركة ذات صبغة تجارية.

أضيف إلى كل ذلك أن هذا الانتصار الذي يحققه المنطق التجاري يؤدي إلى انتشار مذهل للملكية الفكرية، يذهب بها إلى أبعد من حدودها التقليدية. فبعض القوانين – من مثل القانون الفريد الذي أهدي إلى منتجي قواعد المعطيات – لا هدف لها سوى حماية الاستثمارات. ولنا في الفصل L. 431-1 من القانون الفرنسي الخاص بحماية الملكية الفكرية (وهو فصل مستقى مباشرة من التوصية الأوروبية الصادرة عام ١٩٩٦)، مثالٌ واضح في هذا المجال، فالفصل ينص على أن "منتج قاعدة معطيات معينة، بما هو الشخص الذي اتخذ المبادرة وجازف بالاستثمار المطلوب لأجل ذلك، يتمتع بحماية تشمل محتوى القاعدة المعنية، إذا كان في تكوين هذا المحتوى ومراجعته أو تقديمه ما يتطلب استثمارا ماليا أو ماديا أو إنسانيا."

تستحث "التكنولوجيات الحديثة" التحديات ذاتها في كل مكان من العالم. والحق أنه لا غرابة في أن يؤدي التشابه في التساؤلات المطروحة إلى تشابه مماثل في الأجوبة، حتى ولو لم تكن التقاليد القانونية المرعية متشابهة. وهاك البرنامج مثلا، فموقف حقوق المؤلف الفرنسية ونظيراتها لدى الأمريكيين والكنديين والألمان منها متشابه لا يكاد يختلف، حتى وإن اختلفت مسميات تلك الحقوق من بلد إلى آخر.

أجل، يقع في بعض الأحيان أن تفرض دولة من الدول قانونها على الآخرين فرضا، مثل ما وقع حين قررت الولايات المتحدة عام ١٩٨٤ فرض الحماية على الرقاقة الإلكترونية puce، وقضت على الدول جميعها بأن تفعل الشيء نفسه، وبالطريقة الأمريكية تحديدا ! والاتفاقات الموقع عليها في مراكش في ١٥ ديسمبر من عام ١٩٩٣ – وهي آخر اتفاقات Gatt ومقدمات لمنظمة التجارة العالمية، المدعوة باسم ذي مغزى هو "الاتفاقات المتعلقة ببعض جوانب الملكية الفكرية التي لها صلة بالتجارة" – تلك الاتفاقات تصب في جزء كبير منها في المصب ذاته. فالولايات المتحدة كانت هي من حرك خيوط ذلك المؤتمر الذي اتخذته سبيلا لتمرير فلسفتها وإرغام سكان الكوكب جميعا على الخضوع لقانون الملكية الفكرية (رغم أن ملاءمته لبلاد الدنيا جميعا هي على الأقل أمر قابل للنقاش) وللمنظور الأمريكي الذي يرى مثلا في برنامج الحاسوب عملا أدبيا.

غير أن أهم انقلاب في هذا المجال يبقى الانقلاب الذي أحدثته الشبكات وإنترنت. فتجوال الأعمال والمعلومات ومثلها "الأعمال الإعلامية" لا يعترف بحدود، في حين أن القوانين تبقى قوانين وطنية. وبفضل التقنية الرقمية، لا يستدعي الحصول على نسخة من عمل معين سوى لحظات، وهي نسخة لا سبيل إلى تمييزها عن النسخة الأصل، وفي ذلك تسهيلٌ للانتشار يجعل من العبث محاولة تطبيق التمييز التقليدي بين حق النقل (أي تسجيل النسخة على حامل مادي معين)

وحق النشر (أي نشر العمل على عموم الناس). فكل شيء، وفي كل مكان، أصبح اتصالا، ولا سبيل إلى التعامل معه على أنه شيء آخر.

هذا كله يرغم على إعادة النظر في المفاهيم التقليدية. ومن ذلك ما وقع حين اضطرت منظمة الملكية الفكرية العالمية إلى إعادة تحديد مقتضى هذا الحق في النشر استجابةً لخصوصيات إنترنت. وبتعبير أكثر جذرية، فإن هذا يعني أن مفهوم حقوق المؤلف التقليدي عاجز عن الإحاطة بحقيقة الشبكة، وخصوصا عن فعل ذلك بمشروعية، سواء بالنسبة إلى فلسفة معرفية فوضوية مرتبطة بإنترنت شديد الارتباط، أو بالنسبة إلى الحقيقة التي مفادها أنه لا مبرر يبرر أن تكون الحقيقة أنصع بياضا في باريس منها في أوتاوا أو طوكيو. أجل، لا جدال في أنه إذا ما عمد شخص فرنسي مثلا إلى أعمال فرنسية محمية فنشرها على الشبكة دون إذن (كما حصل في قضية تتعلق بنشر أعمال الشاعر Raymond Queneau)، فإن القانون الفرنسي يمكنه أن يتدخل – بغض النظر عن الشبكة المستعملة في العملية – فيعاقب الجاني. لكن متى ضاع الفعل والفاعل في هذا الفضاء الواسع مترامي الأطراف الذي يدعى بالعالم الافتراضي، فإن المسألة تصبح أكثر تعقيدا بكثير. وقد رأينا ذلك بخصوص قضايا معينة (من مثل محاولة قمع المواقع التي تمجد النازية)، أراد القضاة الفرنسيون تطبيق القانون الفرنسي في شأنها فلم يفلحوا. والخلاصة أنه لا فائدة من محاولة التعامي، فبانتظار صدور قانون عالمي ينظم هذا الميدان – الذي نريده فضاء مشتركا – لما فيه مصلحة الجميع، ليس هناك سوى قانون واحد يتوفر فيه من الشروط ما يمكنه من فرض نفسه، هو القانون الأمريكي، ما دامت العولمة والأمركة شيئا واحدا. وحين يمدح المادحون قانون حقوق المؤلف الأمريكي المعروف باسم copyright، فإن ذلك لا يعني سوى أن هذا القانون الذي يقوم أول ما يقوم على حماية الاستثمار، يصب بلا جدال في منحى المنطق التجاري الذي تحدثنا عنه، والذي ليس في نهاية المطاف سوى منطق العولمة.

تفاقم حدة التناقضات

لا غرابة إذن في أن نرى الملكية الفكرية - إذ زاحمتها التكنولوجيات الحديثة مواقعها - تضحي مجالا للتناقضات ومرتعا لها. فهذه الملكية كما ينظر إليها اليوم اتسع مفهومها عما كان عليه من ذي قبل، فصار المرء حيثما ولى وجهه يجدها منتصبة. وهكذا بدأت تتطور أشكال مختلفة من المعارضة في مقابل هذه "القلاع الحصينة" التي تمثلها حقوق المؤلف والحقوق المتصلة بها.

من القلاع إلى بلاد الليبرالية، أو حين تكتشف الليبرالية سحر النظام الإقطاعي...

قد يبدو هذا التعبير في حاجة إلى بعض الشرح، رغم أن الفكرة في حد ذاتها بسيطة، ومؤداها أنه لا يُتصور وجود لملكية فكرية حقيقية خارج المجتمعات الليبرالية التي توجد فيها سوق، لأن الحقوق المتعلقة بهذه الملكية، كما جرى تصورها وصياغتها انطلاقا من القرن الثامن عشر، هي وسيلة يستعملها حاملها ليحجز لنفسه سوقا. لكن ما الذي يتبقى من الليبرالية متى أضحى كل شيء مبررا للحجز وصارت السبيل محفوفة بالصعاب وتعين على المرء أن يؤدي عند كل خطوة يخطوها ثمنا؟

والحال أن هذه الحقوق لا تفتأ تزيد في كل يوم عددا. فالحقوق المتصلة بالملكية الفكرية - من مثل حقوق الفنانين الممثلين الذي يشاركون في العمل دون أن يُعترف لهم بصفة المؤلف - تلقى اعترافا من عدد متزايد من الدول، إذ اعترفت بها فرنسا على سبيل المثال عام ١٩٨٥، وباقي دول الاتحاد الأوروبي عام ١٩٩٢. وهي جميعها فرص سانحة لوضع قيود المنع والمطالبة بثمن مقابل رفع تلك القيود... وذلك لا يصب بالقطع في مصلحة المبدع، لأنه إذا كانت صفة الفنان الممثل تصدق في حق كل من شارك في تقديم العمل، فإنه ينبغي في رأيي الاعتراف بالحقوق ذاتها للمستثمر، أكان ذلك المستثمر منتجا لما يدعى في

الاصطلاح القانوني بالبرامج الصوتية والمرئية أم كان شركة للتواصل السمعي البصري، وهؤلاء جميعا يضطلعون بدور كبير على الشبكة. هكذا نجد أنفسنا مرة أخرى أمام المستثمر وهذا الحق الذي جرى الحديث عليه قبلا، والذي يتيح لمنتجي قواعد المعطيات أن يعترضوا على استخراج (وهذه هي اللفظة المعتمدة) محتوى قواعدهم. وحتى حين يقف المشرع عند حد معين، فإن القاضي يحل محله. وهكذا بدأنا منذ نحو عشرين عاما نرى العقوبات تطال ما يعرف باسم الممارسات الطفيلية، كأن يتبع فاعل اقتصادي خطى فاعل آخر فيحقق من وراء ذلك ربحا. وتبعا لذلك فإن إعادة استعمال شعار تجاري معين أو أعمال تحليل معلومياتية مثلا، أضحت واقعة تحت طائلة القانون، رغم أن الشعار لا يُعد في الوقت ذاته محميا بحقوق المؤلف.

والامتيازات بدورها تزيد عددا في ظل قانون قائم. فالمؤلف مطالَب بأن يبدي بعض التساهل حيال النسخ لغرض الاستعمال الشخصي، لكنه غير مطالَب بذلك متى كان العمل المحمي برناما أو قاعدة معطيات، وهناك من ينادي اليوم بضرورة حذف مثل هذه الاستثناءات من العالم الرقمي.

وأخيرا، فإن المطالب تزداد هي أيضا عددا، كما يشهد على ذلك ما دار حول مسألة القروض العمومية من جدل عنيف احتل لزمن صدارة الأخبار. ونبقى في ميدان التكنولوجيات الحديثة فنقول إنه إذا كانت لغات البرمجة لا تزال حتى اليوم – وبفعل اتفاق ضمني – تعد من الأشياء الممكن استعمالها بكل حرية، فإن هناك أبحاثا تشير إلى أنها قد تصبح في غد قريب خاضعة للحماية. وهكذا ففي مقابل الحماية التي توفرها حقوق المؤلف في العالم المسمى في بعض الأحيان عالما "حضوريا" présenciel، والذي تمثله مسارات التجوال، نجد مطالَبةً بالحق نفسه لحماية مسارات النصوص المتعددة في العالم المسمى عالما افتراضيا.

لكن لا تحسبن حقوق المؤلف وما اتصل بها من حقوق قوية حصينة لا ثغرة فيها. فعالم إنترنت عالم هش بطبيعته، لا يتعذر فيه على أحد ما يراد الآن منعه من النسخ ولا من النشر دون إذن. وإذا كانت التقنية التي تتسبب في هشاشة القانون قادرة على مد يد العون إليه عن سبيل إتاحة وضع علامات مميزة وأقفال على الأعمال، فإنها بذلك تثير تساؤلات أخرى، لأن تلك الممارسات قمينة بأن تسبب اعتداء على أسرار الحياة الخاصة. ثم إنه لما كان في مقدور أي كان أن يضع كما يشاء أقفالا، فإن السؤال يُطرح حول ما إذا كان يحق للمرء أن يحجز لنفسه فضاء مغلقا في وقت ينحو فيه التشريع نحو الدخول الحر. فهل من الممكن أن نتجاهل عن طريق التقنية استثناءً قائما بمقتضى القانون؟

ويمكن أن يتخذ النقد منحى أكثر جذرية، فيضع في محل التساؤل حتى المبدأ ذاته الذي تقوم عليه السلطة المتمثلة في القلاع التي جرى الحديث عليها. فبعض الناس يتساءلون هل لا يزال من الجائز الحديث عن مؤلفين في زمن صار فيه الإبداع – بفعل انتشار الاشتغال المشترك interactivité – عملية يشارك فيها عدد من الناس عبر مبادلات مستمرة، وهل يجوز بالتالي الحديث عن حقوق للمؤلف؟ وهذا موضوع شيق للحوار، لكن السيميائيين قد علمونا منذ زمن بعيد بأن متلقي العمل الإبداعي لا يني يعيد إبداعه. غير أنه سواء تعلق الأمر بمؤلفين حقيقيين أم بمؤلفين مختلقين، فإن التساؤل يبقى مطروحا حول مشروعية الاحتكار – ولا شك أن الأمر يتعلق هنا باحتكار – متى كان العمل يخفي وراءه المعلومات وربما حتى المعرفة. هناك خطابات تكون واضحة لا مواربة فيها متى جرى الحديث مثلا على وجوب تأكيد أن هناك موروثا مشتركا بين الإنسانية جمعاء لا يحق لأحد أن يحتكره لنفسه. كما أن بعض الممارسات في هذا المجال واضحة لا لبس فيها، تضع حدا لصعوبات من قبيل تلك التي يتسبب فيها بعض متعهدي البرنامات المسماة حرة، الذين يستعملون حقوق المؤلف بطريقة تكاد تكون تخريبية للتمكن من تحقيق اقتسام للمعلومات وللاستغلال.

غير أن الخطابات وكذا المطالبات لا تخلو دائما من غموض. فما أسهل أن يعمد من لا يريد تأدية أجر المؤلفين ولا باقي المبدعين ولا المستثمرين المنافسين، إلى مبدأ حرية كبير يشهره في وجه الجميع. ولهذا لزم توخي الحيطة والتساؤل عمن سيستفيد من البناء المقترح، لأنه سيكون من غير المناسب إطلاقا أن نستبدل بدغمائية قديمة دغمائيةً جديدة.

في المقابل أقول – على علمي أني بذلك أذهب إلى عكس ما يذهب إليه غالب المختصين – إن المحكمة العليا في باريس قد سارت في الاتجاه الصحيح حين أعلنت في حكم صدر يوم ٢٣ فبراير ١٩٩٩ أن للجمهور من الحق في الحصول على المعلومات ما يبرر مثلا عرض عمل إبداعي أثناء جريدة إخبارية تلفزية، إذا كان ذلك العرض يساعد في إيضاح تحقيق"بطريقة مناسبة" عن حدث ثقافي معين. أما في ألمانيا ومثلها الدول الاسكندنافية، فإن الأفكار في هذا المجال متقدمة عنها في فرنسا تقدما كبيرا. فمع الانتشار الكاسح الذي يشهده ما أطلقت عليه قبل قليل اسم "الأعمال الإعلامية"، ومع بدء الحديث عن الحق على الإعلام، أرى أنه لا مناص من التسليم بأن يكون الحق في الإعلام عنصرا مشروعا من عناصر النقاش.

بحثا عن نموذج جديد

لا جدال في أننا نشهد اليوم لحظة يتعين فيها استبدال نموذج جديد بالنماذج القديمة. والملاحظات التي أبديناها عن الحق على المعلومات ليست سوى مثال فيما نقول. فحقوق الملكية الفكرية كما نعرفها تقوم جميعها حتى اليوم على "حق المنع" المعترف به لحامل الحقوق الذي له أن يطلب ثمنا لكل ما يروق له أن يقدمه، يضاف إليه – بالنسبة إلى حقوق المؤلف وحقوق الفنانين الممثِّلين في قوانين أوربا القارية – حق معنوي يمنع فيما يمنعه المسَّ بالعمل أو بطريقة أدائه. لكن ما الفائدة من الإصرار على اعتقاد معين، حتى ولو كان ذلك الاعتقاد في رأي صاحبه هو

الحقيقة عينها، حين تصبح ممارسة سلطة المنع تلك صعبة أو متعذرة كما قد رأينا، وحين تصبح أعمال الأوبرا العالمية موضوعة جانبا إلى جانب، لا فحسب مع البرغي ومنشفة الخضار - فهذه تتمتع منذ زمن بعيد بالحماية ذاتها التي تتمتع بها الأعمال الفكرية - بل مع البرنام وصفحة الشبكة، وهما من طبيعة لا مراء مختلفة، وحين يتعين التعامل مع فضاء لا يعترف بحدود، تنتطح فيه وجهات النظر انتطاحا؟

يبدو لي أن النتيجة تهم أكثر من السبيل التي توصل إليها. وما يهم أولا هو أن المبدع - أكان المبدع مؤلفا أو فنانا ممثلا، أم كان مخترعا أو صانعا - ينبغي أن يُعترف له بصفته تلك، وهو ما ليس من الصعب تحقيقه. بعد ذلك يجب أن يستفيد هؤلاء المبدعون من هذا الاعتراف، وأن يستفيد منه أيضا كل أولئك الذين شاركوا في إبداع العمل، مما يشمل المستثمرين الماليين أيضا. ويمكن من أجل ذلك استعمال "حق المنع والإباحة بالمقابل" الذي جرى الحديث عليه، لكن مع تحويره وجعله مثلا على صفة ضريبية متى تعلق الأمر بشيء تُجمع الآراء على أن في نشره فائدة للجميع - كما هو شأن المعلومات بالذات - أو تصور طرق أخرى لتحقيق ذلك. ويبقى، فيما تعلق بحقوق المؤلف وحقوق الفنانين الممثلين، الاحترام الواجب إبداؤه حيال العمل. وإني لمن المدافعين عن وجوب هذا الاحترام، وأفضّل الحل الفرنسي القاضي بمنع تلوين شريط سينمائي دون رضى مخرجه، على الحل الأمريكي القاضي بجواز ذلك. لكن أذكّر رغم ذلك بأنه لو لم يأمر البابا يوليوس الثاني بإتلاف لوحات Piero della Francesca أو Andrea del Castagno فلربما لم تر أعمال Raphaël النور يوما، فأقول بأنه من الممكن الدفاع عن موقف معين إذا كان لا يجافي المنطق السليم. ولعمري إنني لعاجز عن تصور أنه من الممكن أن يجمع بين أوبرا Messiaen الشهيرة Saint François d'Assise وبين البرغي والبرنام حق معنوي واحد وموحد.

وسأضيف قبل إنهاء كلامي، رجوعا إلى مسألة الملكية الفكرية بمعناها الواسع، أننا لا نزال في بدايات ثورة لن تلبث أن ترغمنا على إعادة النظر في

طرائق تفكيرنا. فالصور الهولوغرافية التي ستبدو أجزاءً "مادية" من عالمنا، والشرائح الجزيئية، والحواسيب الكوانتية (العاملة بحساب الكميات متناهية الصغر)، والأعمال المنجزة في داخل الجسم الحي، كلها سترغمنا بما لا شك فيه على الخروج من وثوقنا الخلي الهني لخلق نماذج جديدة. ذلك أنه حين تصبح الشريحة الإلكترونية في حجم الجزيء، أي في حجم قطعة من الحمض النووي، فإن الاستمرار في التفكير طبقا للأنماط التقليدية – حتى ولو اجتهدنا في تحوير تلك الأنماط وتطويعها – لن يجدينا فتيلا. فهل سنتحدث عند ذلك عن حقوق العلامة التجارية أم حقوق المؤلف (فالشريحة تشبه البرنام الإلكتروني) أم حقوق الإراثة المتعلقة بالشكل الخارجي (فالأمر يتعلق بشريحة) أم حقوق الكائن الحي أم العمل أم المعلومة أم الآلة؟...

إن من محاسن حق الإبداع أنه يرغم المرء على أن يكون مبدعا...

برمجة المعنى[٦]

بقلم جون-پيير بالپ
Jean-Pierre BALPE

مثال واحد

يرى زائر إحدى المدن لافتة تزين الجدران كتب عليها: "المشكل في الكأس الأخيرة أنها قد تكون الأخيرة". ولا جدال في أن الناطق بالفرنسية لا يجد أية صعوبة في فهم المعنى الذي تحمله هذه اللافتة، فمعناها بالنسبة إليه واضح لا لبس فيه. غير أنك لو تأملت هذا التعبير قليلا لوجدته غامضا ملتبسا. فحملُه على ظاهر معناه يفضي بك إلى تحصيل حاصل، من قبيل تفسير الماء بعد الجهد بالماء. لكنك لن تجد قارئا واحدا يحمله على ذلك المعنى الذي لا يُنتبَه إليه لانعدام الفائدة منه. فما يفهمه القارئ هو أشد تعقيدا من ذلك بكثير، إذ إنه ينتبه من أول وهلة إلى المعنى الآخر المبني على الجناس. وهذا المعنى يقوم أولا على أن المقصود ليس الكأس بل قيام الإنسان باستهلاك محتواها، ثم على أن "الكأس الأخيرة" لا تعني فحسب "الأخيرة في عشاء أو أمسية معينة"، إذ إن صفة "الأخيرة" ليست محصورة في زمن معين، بل هي قد تنطبق على نهاية أية فترة زمنية، بما في ذلك الحياة. ذلك ما يؤكده التعبير المكتوب على اللافتة تلميحا دون تصريح. والمشكلة هي في كون معنى هذا التعبير واضحا لا لبس فيه، لأن المعنى الذي يحمله ليس في الكلمات، بل في عناصر خارجة عنها يستدعيها القارئ لاستنباطه. فما يفهمه القارئ هو في الآن ذاته إنذار (الإفراط في الشرب أمر قد يقود إلى الخطر، وقوله "الكأس الأخيرة" يقتضي أنه كانت هناك كؤوس كثيرة أخرى قبلها، شربها الشارب تباعا خلال فترة قصيرة معينة، من قبيل سهرة أو ما جرى مجراها)، وهو نصيحة

---

(٦) نص المحاضرة رقم ٢٦١ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٧ سبتمبر ٢٠٠٠.

(لا تسرف في الشرب لأنك حينها تخاطر بالتسبب في حادثة سير، وإذا كان لكل أجل كتاب، فلا تلقين بيدك إلى التهلكة)، وهو موقف فلسفي، مؤداه أن الحياة تستحق أن يتشبث المرء بها وأن يحاول إطالتها ما استطاع إلى الإطالة سبيلا. هكذا نحصل على السلسة المنطقية التالية: "إذا أنت أسرفت في الشرب خلال جلسة أو سهرة أو ما شابهها ثم قدت سيارتك بنفسك، فإنك عند ذلك - بحكم أن حالة السكر التي ستكون عليها ستجعلك على درجة غير كافية من اليقظة - ستكون عرضة لحادثة سير قد تودي بحياتك، وأنت تعلم أنه من الغباء إنهاء حياة بأكملها بسبب تافه كهذا السبب." ما يثوي إذن وراء كلمات هذا التعبير هو معرفة وفلسفة في الحياة لا يمكن التعبير عنها دون كلمات ولا بكلمات أخرى، لكن هذه الكلمات تبقى بالنسبة إليها رغم ذلك مجرد "ذريعة إلى النص" pré-texte.

بمقدور المرء أن يسرد من الأمثلة في هذا المجال ما يشاء، فيطبق على النص هذا التحليل المنطقي، والنتيجة واحدة، هي أن المعنى يوجد خارج النص أكثر بكثير من وجوده داخله. ورغم ذلك فلا يُتصور للمعنى وجود دون وجد النص وقيام الروابط بين أجزائه.

ما المعنى ؟

المعنى بناء من العلائق. فحين يتضح المعنى - أي حين يستطيع سامعه أن ينفذ من الدلالة المباشرة التي لنص معين إلى المعنى ليستخرج منه نتائج عملية - فإن مجموعة من العلائق تكون قد قامت في ذهنه بين أجزاء من النص وبين العالم الخارجي. فالتعبير الذي جرى الحديث عليه يغدو بلا معنى مطلقا (أو في أحسن الأحوال بمعنى تفسير الماء بالماء)، إذا كان سامعه لا يعرف شيئا عن العادات المتبعة في الشرب ولا عن أنواع المشروبات ولا عن مفعول الكحول على عقل الشارب ولا عن وسائل المواصلات الحديثة ولا عن السيارات ولا عن الحوادث. فالمعنى ليس في النص ولا في اللغة، بل هو يوجد عبر اللغة التي ليست إلا وسيطا

بينه وبين الذهن. هذا بالذات هو ما يجعل اللغات جميعها قادرة على حمل كل المعاني، حتى ما كان منها متنافرا متناقضا. وما من بناء للمعنى إلا ويقوم على بناء علائق حقيقية من بين مجموعة من العلائق الممكنة، وبتعبير آخر، فالمعنى هو عملية بناء تتمثل في وضع دلالات ومعلومات ومعارف معينة في سياق معين، أي وضعها جميعا على شبكة من المعلومات. وتحقيق ذلك يستدعي تشابكا معقدا بين أنظمة إنشاء العلائق، أي مجموعة من البنيات المتداخلة مع مجموعة من عمليات الوضع في السياق، يمكن اختصارها في ما يلي:

الشكل ١

النص	العلاقات بين الرموز الموجودة بالفعل في رسالة معينة
Phénotexte نص منجز	العلاقات بين رموز الرسالة المعنية ومجموع الرموز التي تحملها باقي رسائل المؤلف ذاته
intertexte المتناص	العلاقات بين رموز الرسالة المعنية ومجموع الرموز التي تحملها الرسائل المشابهة
Péritexte نص محاذ	العلاقات بين رموز الرسالة المعنية ومحيطها العملي المباشر
Métatexte نص واصف	العلاقات بين رموز الرسالة المعنية والمحيط العملي الواسع اللامتناهي

يجري تحصيل المعنى دائما بين ما هو متوقع (أي أشياء معروفة قد قيلت من قبل فلا يجد أحد غضاضة في التسليم بها)، وما هو جزافي (أي أشياء لم يقلها أحد من قبل، فتبقى لذلك داخلة في باب الممكن المفتوح). وهذا يعني أن جزءا منه يأتيك جاهزا في حين يتعين بناء جزئه الآخر، مما يقتضي نوعا من اللاتماثل. وكما يتبين ذلك بوضوح في كل إبداع وظيفي بل وفي كل عاداتنا اليومية، فإن عمليتي خلق المعنى وإعادة بنائه ليستا آليتين متقابلتين يتخذ المرء في إحداهما عكس السبيل التي يتخذها في الأخرى.

وبحكم أن المعلوميات لا تعالج سوى أشكال يمكن وصفها، فإن مشكل برمجة المعنى حاضر ههنا بقوة، سواء فيما تعلق باللاتماثل الوظيفي أم بإمكان إقامة طبقات متعددة من العلائق.

معالجة النص

إذا قصدنا من برمجة المعنى إنتاج نص – أي شكلا محددا – أو تحليل آخر، فلا إشكال هناك، إذ إن عمليتي التحليل والإنتاج تنحصران في تَعَرُّف الأشكال وحدها وبناء الأشكال وحدها. طبعا هناك مستوى معين من التعقيد يعلمه المختصون في معالجة النصوص معالجة آلية، وهاكم بعض الأمثلة في ذلك:

- الأشكال والعلاقات الداخلية هي من صميم خصوصيات كل لسان، وهي اعتباطية: فكلمة "كتاب" في العربية مثلا تقابلها في الفرنسية livre، وهي كلمة مختلفة تماما، ثم إن الناطق بالعربية يجمع كتابا على كتب، فيحذف الألف من وسطها ويغير حركات حرفيها الأولين، فيما يضيف الفرنسي علامة الجمع s إلى الكلمة، ويستعمل العربي الكتاب مفعولا فيفتح آخره، في حين يضعه الفرنسي بعد الفعل أو قبل موصول مفعول ليدل بذلك على مكانه من الإعراب، وهكذا دواليك. غير أن مجموع هذه الأشكال قابل للوصف – وهذا دور المعاجم – وقل مثل ذلك أو قريبا منه في العلاقات التي تقوم فيما بينها وذاك دور النحو.

- في كثير من الألسن، ومنها اللسان الفرنسي مثلا، قد يحمل الشكل الواحد معاني متعددة. فلفظة livre مثلا تتكرر شكلا في التعابير الثلاثة الآتية: il livre وun livre وune livre، فتكون في الأول فعلا وتعني أن الفاعل يسلم شيئا من نحو البضاعة أو ما شابهها، وتكون في الثاني اسما بمعنى الكتاب، وفي الثالث اسما بمعنى الرطل. وهذه الصعوبة تقتضي إنشاء محللات قادرة

على تحديد الفئة النحوية التي تنتمي إليها الكلمة، أو تحفظ معاني الكلمة جميعا، لكنها ليست بالعقبة الكأداء، إذ لا يستدعي تجاوزها سوى أن تحتوي المعاجم المستعملة معلومات لسانية داخلية intralinguistiques من نحو الفئة النحوية والمرادفات.

- ليس هناك تجانس بين الأشكال (مداخل المعجم) وبين الألفاظ (كما تتحدد في معظم الألسن بما هي مجموعة من الحروف تقع بين رمزين من رموز التنقيط). فمعظم الأشكال هي أشكال مركبة، وهذا التركيب قد يتخذ وجوها متعددة، تكون في الغالب لواحق إعرابية تلحق كل منها كلمة واحدة (كحرف s علامةً على الجمع في الفرنسية مثلا) فتُغَيِّر إعرابها، لكنها تكون كذلك أشكالا غير محددة العدد ينتظم بعضها جنب بعض لتكون معنى لا يجتمع في أي منها على حدة، كما هو الحال في التعابير المجازية وما جرى مجراها. فالقشعم الشيخ الفاني، لكن أم قشعم كناية عن الحرب والأهوال، والأمثلة في ذلك أكثر من أن تحصى. والمشكلة أنه ليس هناك من قاعدة تتيح معرفة أين ينتهي مقطع دلالي معين وأين يبدأ المقطع الذي يليه. ومن شأن هذه الصعوبة بطبيعة الحال أن تجعل التحليل أكثر تعقيدا، لأنها تزيد المرادفات عددا من جهة، ولأنها ترغم واضع المعجم على زيادة عدد المداخل زيادة كبيرة. غير أنها، على غرار سابقتها، ليست بالعقبة التي يستحيل تجاوزها. أما الصعوبة الحقيقية فتكمن في دينامية النسق اللساني (هنا الفرنسي) الذي لا يفتأ يتمخض في كل يوم عن مداخل جديدة.

- وأخيرا، فإن العلائق الممكنة داخل نص معين بين الأشكال، وكذا أثر العلائق على الأشكال – أي القواعد النحوية – متى لم تكن مفتوحة تماما كما يتبين ذلك من نقاط الضعف في المحللات النحوية الآلية، تكون معقدة وحتى غير محددة في بعض الأحيان (كالحالات الشاذة وحالات التجوز مثلا)، لكنها تبقى قابلة للوصف في ٩٠ بالمائة من النصوص.

هذه الصعوبات التي ذكرناها تهم التحليل أساسا. فمن الممكن، بالاعتماد على عدد محدود من المعاجم ومن الأنحاء، إنتاج نص لا يجد فيه القارئ ما يعيب. ذلك أن القارئ نفسه معتاد على إنتاج نصوص انطلاقا من مجموعات صغرى، إذ إنه ليس هناك من متكلم بلسان معين يمكنه أن يدعي معرفة كل ألفاظ ذلك اللسان وكل إمكانات النحو فيه. غير أنه ينبغي الإشارة إلى أن مستويات المعالجة هذه لا تنتج معنى، بل فقط وصفا شكليا للسان المعني. فهي تنتج مقاطع صحيحة من منظور البناء النحوي، لكن دون الالتفات مطلقا إلى ما يمكن أن تحمله تلك المقاطع من معنى. وهكذا فإن آلة لتوليد النصوص، إذا كانت متمكنة من القواعد المتماثلة – أي عارفة بالألفاظ ومجموعات الألفاظ وعلاقات التبعية النحوية – قد تأتيك بجمل من قبيل "سار زيد خبزا" أو "انتهر الجمل مرادفا"، صحيحة نحويا، لكن لا معنى لها على الإطلاق. ويجدر التذكير بأن الآلة تكون في مثل هذه الحال غزيرة التوليد، إذ يمكنها، انطلاقا من معجم معين ومن مجموعة من القواعد، أن تولّد عددا لامتناهيا من المقاطع.

معالجة النص الواصف métatexte

يتضح مما قلناه أن المعجم والقواعد وحدهما لا يكفيان. فلكي تستطيع آلة التحليل النفاذ إلى أبعد من مجرد الوصف الشكلي، ولكي تستطيع آلة التوليد إنتاج مقاطع قمينة بأن تحمل معنى، لا بد من تجاوز النص والنظر في مجموع المستويات السياقية الأخرى، وبخاصة ما كان من العلاقات بين الأشكال والعالم، أي النظر إلى العالم بصفته مجموعة من الأشياء المرتبطة بعلائق، يمكن في داخلها تحديد تلك الأشياء وتلك العلائق تحديدا قطعيا.

ولنضرب في ذلك مثلين إضافيين:

إذا أنت شئت أن نمثل لكلب على سبيل المثال بنص واصف، فإنك ستقول:

- الكلب حيوان يكون في الغالب داجنا.
- الكلاب أصناف متعددة، وتلك الأصناف تدعى أجناسا.
- للكلب أربع قوائم.
- يأكل الكلب كل ما يجده، لكنه حيوان لاحم أكثر مما هو عاشب.
- الكلب حيوان نهاري ينام بالليل، إلى ما هنالك.

بطبيعة الحال فإن مثل هذا الوصف لا يكون إجرائيا إلا متى كانت الألفاظ التي تحدد العلائق وارتباطات تلك العلائق موجودة جميعها على الشبكة. وهكذا فإن قولك بأن الكلب حيوان يستخدم في الصيد يستدعي بأن تكون لفظة "صيد" معرفة بصفتها "عملية متمثلة في ملاحقة الطرائد والإمساك بها وقتلها"، على أن تكون كل الألفاظ التي جاءت في هذا التعريف معرفة بدورها وموجودة على الشبكة، وهكذا دواليك.

يمكن كذلك وصف نباح الكلب وصفا شكليا، إذ يكفي لذلك إقامةُ علاقةٍ بين قسم معين من الحيوانات وبين إطلاق أصوات يسمعها الإنسان - وهي علاقة نوعية générique تتيح كذلك معالجة مقاطع أخرى من قبيل ثغاء الشاة وخوار الثور وجعجعة الجمل وغيرها - ثم تحديدُ حال انطباق تلك العلاقة على الفصيلة الحيوانية المعروفة بالشكل اللفظي "كلب".

حالات الانطباق هذه تتعدد بطبيعة الحال بتعدد المجموعات الفرعية داخل مجموعة الحيوانات، وكذا بتعدد الحالات المتوسطة. فقولك إن الإوزة تكاكي مثلا يفترض التمييز بين ثلاثة أصناف من الطيور على الأقل: طيور تشدو، وطيور لا صوت لها، وطيور لها أصوات خاصة مثلما هو حال الإوز. وتُكوِن مجموعاتُ عمليات الوصف العلائقية هذه تمثلاتٍ عن معلومات حول العالم، هي ما يحدد مقدرة برنامج دلالي معين. وهنا تكمن الصعوبة، صعوبةً عملية لا نظرية، تتمثل في ارتطام إمكانات الوصف بلا محدودية الواقع وحركيته. فلو كان العالم محدودا ومغلقا لكانت مثل هذه المقاربة حتى ولو استدعت وقتا ممكنةً. وهي بالفعل ممكنة

في العوالم الصغرى المغلقة المحددة، لكنها ليست كذلك في عالم مفتوح دينامي لا تني العلائق بين محتوياته تتخذ في كل حين شكلا جديدا. ولكي نبقى مع مثال الكلاب، فإن ظهور فصائل مهجنة منها، مثل كلاب الحراسة الشرسة والكلاب المقاتلة، وما تلاها من قيام علاقة جديدة بين الكلب وصاحبه وبينه وبين الناس، يفرض الآن إعادة رسم جزء مهم من العلائق. ويتضح من هذا المثال أن الأشياء الموجودة في العالم وكذا العلائق التي تنتظم تلك الأشياء فيما بينها، كلها في تغير مستمر. ومعنى هذا أن برمجةً تتمتع بالفعالية التي للعقل البشري تستدعي برنامجا له خصائص هذا العقل، أي برنامجا قادرا على التقاط المعلومات باستمرار وعلى إعادة رسم تمثلاته عن العالم تبعا لذلك. وحتى ولو استطعنا بناء مثل هذا البرنامج، فإنه سيبقى رغم ذلك ناقصا يشكو مثل العقل البشري من انعدام الإحاطة الشاملة وانعدام الاتساق بين المعلومات المخزنة، اللهم إلا إذا تعلق الأمر بذكاء جماعي، لا يغادر شاردة ولا واردة إلا أحصاها وأدخلها في حساب علائقه. وما دام هذا متعذرا، فإن البرنامج لن يتيح أبدا تحكما دلاليا شاملا، بل سيحتوي دائما على مناطق متخصصة.

إنتاج المعنى

لا يتسع المجال للحديث في كل المشاكل التي تعترض سبيل برمجة المعنى، ولذلك فإننا سنركز اهتمامنا فيما تبقى من عرضنا هذا على مظهر واحد من مظاهر المشكلة، ونعني مسألة توليد المعنى آليا.

مُولّد النصوص الآلي عبارة عن برنامج قادر - انطلاقا من مجموعة من الخوارزميات ومن المعطيات - توليد نص كالنص التالي:

"غروب أزرق، وليل يرخي سدوله، وسماء داكنة السواد، والريح تملأ الفضاء بعويلها المرعب ! وفيما النهار يجر أذياله، تتمزق كتل السحاب تحت صرخات الشعب وتحت آلاف النظرات العدوانية ! تندفع ثلاث عربات وسط

الساحة. تمتد سحابة رمادية عريضة لتغطي ببطء أديم السماء، ورماديا يدور قرص الشمس. التويلري والشانزيليزيه تنظر، وأستار الليل تنزل كأنها ساطور مقصلة، والعابثات في الوحل يغمزن بأعينهن إلى الرجال المارين ! تندفع ثلاث عربات مصبوغة باللون الأحمر وسط الساحة. من على عربة راحت إحدى المحكوم عليهن تخطب في الناس، فيما راحت ثانيةٌ تغني أغنية وثالثة تلوح في وجوه الناس مهددة. الظلام مطبق، ومن إحدى العربات نزلت فتاة جامدة القسمات، فرقت ببطء درج منصة الإعدام واقتربت من الجلاد ومساعديه، سماء حمراء واسعة، غيوم؛ ترتفع أصوات: "أيتها الغانية القذرة القرصانة !" تغطي الغيوم السوداء المدينة بقناع حِداد، ومساعدو الجلاد يقبضون على المحكوم عليها ! الشمس ترسل في قلب الغيوم زخات كبيرة من الدماء. يتقدم الجلاد الأحمر بدوره، يقترب من المقصلة فيحرر الساطور. تمضي السماء متثاقلة. تتدحرج الرأس المقطوعة فوق أرضية المنصة ! يستدير الجلاد نحو الشعب كأنه ينتظر تصفيقا ! يجري الدم غزيرا فوق أرضية المنصة - ترسل الشمس زخات كبيرة من الدماء؛ يلقى بالجثة في عربة... تنطلق صرخات من بين الحاضرين - الحر خانق ! تتلقف السماء الداكنة الروح فتخفيها بين ثناياها - فوق العربة راح عدد من المحكومين ينتحبون...

على ضوء ما قلناه سابقا، فإن توليد مثل هذه النصوص (وهي مستخرجة من رواية Trajectoires الموضوعة على الموقع www.trajectoires.com) يعد مغامرة ومسألة في غاية الصعوبة. فالظاهر من النص أن البرنامج الذي أنتجه يتمتع بمعرفة غنية عن العالم الذي يحيط به، لكن الواقع غير ذلك تماما. فهذه الآلة الروائية تستعمل خاصية معينة من خواص علم الدلالة، مؤداها أنه إذا كان هناك مقطع شكلي مصوغ بطريقة سليمة حسب معايير لغة معينة، ولا يحتوي على ألفاظ من غير تلك اللغة، وقَبِل القارئ أن يَعُدَّه كذلك، فإن هذا القارئ يقبل في الوقت ذاته أن يحمل إلى المقطع معنى ليس فيه أصلا. ومثالا في ذلك، فإن كون البرنامج

يجهل تماما ما تعنيه عبارة "سماء حمراء واسعة" لا يضايق القارئ في شـــيء، إذ إن هذا القارئ سيعمل من تلقاء ذاته، وانطلاقا من معرفته بالعالم، علـــى إعطـــاء معنى لهذه العبارة، بحكم أنها مصوغة بطريقة سليمة من منظور النحو، وأنهـــا لا تتضمن ألفاظا غريبة عن اللسان المعني. أما إذا لم تُحتـــرم هـــذه القاعـــدة، فـــإن الاشتغال الدلالي لا يكون مباشرا، بل يتطلب من القارئ مجهودا تعاونيا أكبر، كما هو الشأن مثلا مع هذه القصيدة المؤلفة من قبل إحدى الآلات، والتي نوردها بلغتها الأصل دون ترجمة حفاظا على خصوصيتها الشكلية:

La mer triture son plectre again arbres d'hiver colours in the sky glacée

Par les pluies et les vents d'automne

Sous le souffle vide de la mort restes de vent dans la plaine d'Ivry

Lumière interne ai piedi d'una estinta cheval de pluie thick

Air and wet ciel couleur de loque nuage et pluie les fleurs éclatent comme des étoiles

Compter les frissons du jour a little movement in the leaves ombre

Verte pâlissante glacée par les pluies borough pollued wich provides colours

When the poppies are out of flowers les fleurs éclatent

Derrière les genévriers obscurs obscurs haies...

غير أن القارئ لا يتردد غالبا في القيام بالمجهود المطلوب، وبخاصة إن هو قبِل بالتناصية intertexte (العلاقات بين رموز الرسالة المعنية ومجموع الرمـــوز التي تحملها الرسائل المشابهة) الخاصة بالمجموعة الفرعية "الشـــعر المعاصـــر". فهناك دائما إمكان لإيجاد معنى، وذلك بفضل التداخل الواقع مـــا بـــين الســـياقات المحددة لوضعيات التواصل العديدة. أما المشكلة فتكمن في معرفة المعنى الموجود، أي معرفة ما يجب برمجته ولأي استعمال يجب تخصيصه. وإذا كان من المتعـــذر

بناء برنامج عالمي للمعالجة الدلالية، فإنه يبقى هناك إمكـان إقامـة خوارزميـات متعددة وفعالة تتخصص كل منها في نوع معين من المعالجة. وفي بعض الحالات القصوى، فإن إنتاج المعنى يمكن أن يوكل كله إلى القـارئ، فـي حـين يكتفـي البرنامج بتزويده بمقاطع نحوية اعتباطية لا يفقه - أي البرنامج - من معناها شيئا.

سيناريوهات

غير أن الأمور لا تسير في الغالب على ذلـك المنـوال. فالمثـال أعـلاه المستخرج من رواية Trajectoires يتحكم في ثلاث أنواع من العلاقات لا أكثر:

- أما أولها، فهي علاقة الانتماء إلى عالم معين، محدد تحديدا دقيقا بالإمكانـات العلائقية القائمة بين أجزائه، مما يعني أنه محدد بطريقة عمليـة لا نظريـة. فرواية Trajectoires هي عبارة عن رواية بوليسية عن الرعب Terreur في فرنسا، تجري أحداثها على فترتين، همـا سـنتا ١٧٩٣ و٢٠٠٩. وتحتـوي معاجمها الوصفية على معلومات مناسبة في هذا المجال. فهي مثلا لا تحمـل كل المعلومات الممكنة حول عام ١٧٩٣، لكنها تحمل منها ما يكفـي لجعـل القارئ يقبل بأن يعدها كذلك. وعلى سـبيل المثـال، فشـخوص الروايـة لا يستخدمون في تنقلهم سنة ٢٠٠٩ ما كانوا يستخدمونه مـن الوسـائل عـام ١٧٩٣.

- أما الثانية، فهي القائمة على إمكان تجزئة عالم معين من المعلومات وتحويله إلى تركيبة من عوالم صُغرية أضيق وأطوع، يحاول كل منها الإحاطة بجانب محدد من الواقع بقدر من المعرفة كافٍ لجعل آلة توليد النص قادرة علـى أن تنتج في شأنه مجموعة متنوعة من النصوص السطحية. ومن تلـك العـوالم الصُغرية نذكر على سبيل المثال ما تعلق منها بمشهد تنفيذ حكم إعدام في عام ١٧٩٣ أو سهرة من سهرات الطبقة الراقية أو يوم من أيام يناير ماطر مكفهر أو من أيام الصيف مشمس يشع ضياء ودفئا. وتلك العوالم الصغرى لا يمكنها

أن تنتج مقاطع إلا حول موضوع معين: فالعالم الصُّغري المختص بالمطر مثلا لا يمكنه إلا أن يردد بدون انقطاع: "الجو ماطر"، رغم أنه بإمكانه أن يستعمل لإنتاج ذلك المعنى عددا غير متناه من المقاطع المختلفة. ثم إن تلك العوالم الصُّغرية تمتاز ببنيتها التداخلية، بمعنى أن كلا منها يمكن أن يحتوي بدوره على عوالم صُغرية جديدة، من مثل صوت سقوط المطر أو صراخ الجمهور المتفرج على عملية الإعدام. وأخيرا فلا مانع يمنع، متى تم بناء كل واحد من هذه العوالم الصُّغرية، من إعادة استعماله في سياق عوالم أخرى. وبذلك يمكن القول إن كل عالم هو مكون من مجموعة من العوامل الصُّغرية، وإن مجموعة العوامل الصُّغريةتلك هي التي تميزه عن غيره من العوالم.

- أما الوضعية الثالثة، فتقوم على إمكان ترتيب المقاطع المنتجة من قِبل العوالم الصُّغرية، ترتيبها زمنيا، على منوال سيناريو سينمائي، مما يتيح تحديد المكان الذي سيحتله، عند إنتاج النص، عالم صُغري معين بالنسبة إلى آخر. ومثالا في ذلك فإن النص السابق إذ يصف عملية الإعدام يفعل ذلك تبعا للسيناريو التالي:

التاريخ ← وصول المحكومين ← صعود أحدهم فوق منصة الإعدام ← إمساك الجلادين بالمحكوم وإعدادهم إياه لعملية الإعدام ← تنفيذ حكم الإعدام

هذا السيناريو هو بمثابة الهيكل من المشهد الذي لا يمكن أن يتغير ترتيب أحداثه زمنيا، إذ يتعلق الأمر هنا، كما يقول Roland Barthes، بإحدى الوظائف الأساس التي ينبني عليها النص السردي. غير أن هناك إمكانان ينضافان إلى هذه الهيكل:

- أما الأول، فهو إمكان تحديد أحد العوالم الصُّغريةالمتخصصة بصفته مقطعا يتضمن بدوره سلسلة من العوالم أصغر منه وأضيق مجالا وبالتالي أكثر تخصصا. فعملية تنفيذ الحكم يمكن مثلا وصفها على الشكل التالي: شدُّ المحكوم إلى آلة الإعدام ← سقوط الساطور ← سقوط الرأس المقطوعة ←

نزيف الدم ← رفع الجثة من على المنصة. وتتمثل أهمية هذه البنية التداخلية في كونها تتيح لآلة توليد النص الإفاضةَ في وصف الأحداث، فجعلها تستطيع ذكر عملية الإعدام ذكرا عابرا كما تستطيع الإسهاب في وصف تفاصيل تلك العملية.

- وأما الإمكان الثاني، فهو إمكان أن تضاف إلى الهيكل عوالم صُغرية لا يخضع محتواها لتوالي الأحداث في الزمن، كما هو شأن صرخات المتفرجين أو حالة الطقس مثلا. وهذا يتيح لآلة توليد النص أن تتحدث في أي وقت عن حال السماء والغيوم وما إلى ذلك، بقطع النظر عن المرحلة التي بلغتها في روايتها للأحداث. بعض هذه العوالم الصُّغرية يكون إذن ذا طابع إجباري، في حين يكون بعضها الآخر اختياريا، كما أن بعضها يخضع لقيود معينة، في حين يكون بعضها الآخر اعتباطيا لا يخضع لقيد. وبذلك يستطيع البرنامج أن ينتج المقطع على الشكل التالي مثلا:

حالة الطقس ← التاريخ ← حالة الطقس ← وصول المحكومين ← صعود أحدهم فوق منصة الإعدام ←...

أو على الشكل التالي:

التاريخ ← وصول المحكومين ← صعود أحدهم فوق منصة الإعدام ← إمساك الجلادين بالمحكوم وإعدادهم إياه لعملية الإعدام ← حالة الطقس ← تنفيذ حكم الإعدام ←...

هذا جميعه يكون محرك إنتاج لا يمتلك عن العالم سوى معرفة محدودة جدا، لكنه قادر على أن ينتج عددا لامتناهيا من المقاطع لا يطابق أي منها مقطعا آخر من حيث الشكل تمام المطابقة.

الألفاظ والعالم

تبقى مسألة أخيرة ينبغي الإشارة إليها، هي مسألة العلاقة ما بين الرموز التي تمثل المعارف وبين الاستعمال اللساني في حد ذاته. فإذا كان باستطاعة رموز علاقة معينة أن "تقول" من جهة إن باستطاعة زيد أن ينطلق، وإنه يمكن من جهة أخرى أن تضفى على انطلاقته صفات متعددة، فإن تلك الرموز لا تفيد بشيء عن الطريقة التي يمكن التعبير بها عن العلاقة المعنية، وليس هناك من قاعدة واضحة تحدد علاقتها باللسان:

- انطلق زيد مسرعا
- انطلق زيد يسرع
- زيد منطلق يسرع
- زيد المنطلق مسرعا
- كانت انطلاقة زيد سريعة
- كانت انطلاقة زيد السريعةُ
- ...

فإذا كان الهدف الذي جرى رسمه لآلة توليد المعنى هو إنتاج رسائل متنوعة لا رسالة نموذجية، فإن الحل الوحيد هو إحصاء كل أساليب التعبير الممكنة وترميزها بهدف تكثيف محتوى المعاجم التي تكونها. وهذا يعني أن أساليب التعبير هذه تتكون من نواة صلبة، يمكن أن تضاف إليها لتدور حولها – في أماكن محددة ثابتة أو غير ثابتة – توابع اختيارية، علما أن كلا من النواة والتوابع تتكون من طبقات من الألفاظ غير المنتظمة نحويا، إذ إن الانتظام النحوي لا يتحقق على مستوى السطح إلا متى اكتملت البنية. ففي المثال السابق استعملت ستة أساليب تعبيرية لوصف واقع واحد، غير أننا إذا ما عددنا الحال والمضارع شيئا واحدا، ولم نهتم لتنكير الصفة – كأن لا يكون من المهم معرفة أن زيدا هو الذي انطلق مسرعا لا غيره – فإن العدد يتقلص إلى أسلوبين لا غير.

والخلاصة أن تكوين رموز العلائق والأقسام المترتبة عليها رهينان بما يقبله اللسان من أشكال وبقدرة واضعي تلك الرموز على الخلق والابتكار. فدور الكاتب غالبا ما يكون هو تحديد أنساق رمزية جديدة، وتغيير الأقسام التقليدية مع الاجتهاد في حمل متلقي النص على قبول تلك التغييرات. وفي هذا الإطار فإن برمجة المعنى تعني تكوين المعاجم التي تحوي السيناريوهات وأشكال التعبير وأقسام الألفاظ، بما يجعل النص في نهاية المطاف مكونا ومقبولا.

خيال- لاخيال

أختم بالملاحظة التالية: لو كان الناس لا ينطقون أبدا إلا بما هو متحقق من معاني العالم الممكنة، لهان عليهم أن لا يستعملوا من الأساليب التعبيرية إلا ما كان منها موضوعا مسبقا، ولأمكنهم بالتالي أن يضعوا مجموعة محددة من المعاجم يسيرة البرمجة نسبيا. لكن العالم هو الذي يفرض القيود، لا اللسان. فإنشاء آلة لتوليد رسالة تجارية أمر سهل المتناول، إلا أن الآلة لن يكون لديها أي هامش من الحرية. فإذا كانت الرسالة مثلا خاصة بطلب كتاب معين، فإن الإمكانات التعبيرية تكون قليلة (اللهم إلا إذا شئنا أن نجعل من الرسالة قطعة أدبية)، كما أن التغيرات تكون منعدمة، لأنه لا يُتصور أن يخترع الطالب من عنده عنوانا للكتاب المطلوب. فالجانب العملي في العالم يفرض قيوده، ووظيفة التعبير الدلالي تنحصر في إبراز تلك القيود. وهكذا، فإن آلة توليد النصوص ستكون عديمة الفائدة إذا ما هي استعملت لإنتاج إعلانات مبوبة، لأنها لن تعدو أن تعطي شكلا بسيطا للمعلومات التي تكون قد زُودت من قبل بها. فالمعنى يستغني عن اللسان، والدلالة إنما هي دلالة النص الواصف لا غير.

فإعلانٌ كالإعلان التالي مثلا: "أشغال داخلية. صباغة، زجاج، ورق ملون، كهرباء. هاتف...، اطلب السيد فلان"، هو أقرب إلى قاعدة المعطيات – التي تستمد

فعاليتها الدلالية الأكيدة من انتماء ألفاظها إلى قسم معروف - منه إلى النص. فتحليل معنى مثل هذا الإعلان لا تعترضه صعوبة تذكر، غير أنه ليس في إنتاجه من فائدة. وعلى العكس من ذلك، فلا شيء يرغم الخيال على الخضوع لقيود العالم، إذ إنه لا يتطلب سوى اصطناع وضعية لسانية تتمتع بقدر من المصداقية كاف لجعل القارئ يقبل بأن يعُدها وضعية واقعية. وهو بذلك أقرب إلى الشكل اللفظي منه إلى العالم الحقيقي. فلا شيء مما يقوله الأدباء يدخل في باب الواقع العملي، وإذا كانت Madame Bovary هي Flaubert في رواياته، فإنها لم تكن كذلك في الواقع. وفي هذه الحال فإن تحليل نص خيالي يكاد يكون ضربا من المستحيل، لأن ما سيتعين تحليله لن يتعدى ما هو من باب علاقة النص بمحيطه. وعلى العكس من ذلك، فإن إنتاج نص خيالي هو أسهل وأكثر فائدة بكثير، بفضل الحرية التي يتمتع بها النص الخيالي حيال الواقع العملي. والسبب أن الخيال لا يعتمد سوى على آليات التثبيت الدلالية التي تؤثر على كل الناطقين بلسان معين.

الباب الرابع

اصطناعيات

الحياة الاصطناعية[1]

بقلم هوج بيرسيني
Hugues BERSINI

ليس سرا أن الباحثين في مجال الإعلاميات لا يألون جهدا في البحث عن إمكانات خلق أشكال من "الذكاء الاصطناعي" و"الواقع الاصطناعي"، بل و"الحياة الاصطناعية" أيضا، موضوع حديثنا هذا. ويعنون بتعبير "الحياة الاصطناعية" استعمال الحاسوب بشكل مكثف لإعادة إنتاج إواليات مشتركة بين المتعضيات الحية، وذلك في داخل قوام آخر غير القوام الأحيائي-الكيميائي. ويراعى في الأبحاث المتعلقة بمجال الحياة الاصطناعية التقليلُ من شأن القوام المذكور لفائدة الوظيفة المبتغاة. وتبتدئ الحياة هنا في ملتقى مجموعة من السيرورات يتعين العمل على عزلها والتمييز بينها وإنتاج نسخ منها في الحاسوب. ومنذ اللحظة التي تصبح فيها السيرورات هذه قائمة بذاتها – وتلك نتيجة طبيعية لكنها تنطوي على قدر من المغامرة والجرأة – فإن الحاسوب الذي ينتجها يجد نفسه قد أضحى حيّا بين الأحياء.

أما من جديد جد تحت الشمس ؟

يحمل علم الأحياء هو أيضا ومنذ القدم همَّ هذا الانشغال المتمثل في السعي إلى فهم شؤون الكائنات الحية، ومحاولة إخضاع هذه الكائنات للنمذجة، وإن يكن اهتمامه بهذه الأخيرة أقل.

---

(١) نص المحاضرة رقم ٢٦٢ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٨ سبتمبر ٢٠٠٠.

ولا غرو، فالاختصاصي في علم الأحياء لا تستهويه المجازفة في أشغاله، بل هو يقضي معظم وقته يرقب الطبيعة، متفحصا إياها في أدق مكوناتها وأجزائها، محاولا فهم إواليات اشتغالها والتكهن بأمورها. وليس الأمر كذلك في مجال الحياة الاصطناعية، حيث يحتل الحاسوب المقام الأول، وحيث يسعى علم الأحياء إلى الحاسوب ولا يسعى هذا إليه. فالأمر يتعلق بتشغيل الحاسوب تشغيلا مماثلا لاشتغال النمط الأحيائي، واستيعابِ الدروس المستقاة من المادة الحية عبر إدراجها في نسقٍ خوارزمي، ورَوزِها بواسطة أداة الاختبار المعلومياتية هذه. وهي دروس نذكر من بينها إوالياتٍ ثلاثا تستند إليها معظم الأعمال في هذه المادة العلمية الجديدة، هي "الانبثاق الوظيفي " émergence fonctionnelle، و"قابلية التكيف" adaptabilité، و"الاستقلالية عن المحيط المباشر" autonomisation environnementale.

بذلك تصبح المهمة الجديدة الموكلة إلى المعلومياتي المتخصص هي العمل على إنتاج برامج برنامية أساسا، تُختبر فيها هذه الإواليات الثلاث وتُجرب منفردة أو مجتمعة، ثم تحلل تحليلا نسقيا أدق وأشمل. ويزيد المشروع قوةً وطموحا كونُ هذه الإواليات تشتغل، بدرجة من الاستقلالية تزيد أو تنقص، في داخل حشد من الأنساق الأحيائية، تستوي في ذلك الوراثية منها والعصبية والهرمونية وما تعلق بالمناعة وبعلم الخلايا وبالمجتمع الحيواني وغيره. وما من شك أن إخضاع كل واحد من هذه الأنساق لمزيد من التجريب قصد فهمه فهما أمثل، قمينٌ بأن يتيح تحقيق خطوة سيكون لها وقع إيجابي يمتد ليشمل كل المجالات الأحيائية التي جرى عزل هذه الإواليات منها في البداية.

ويبقى عالِم الأحياء بطبيعة الحال المخاطَب الأول بامتياز في هذا المجال. لكن ما الذي بوسعه يا ترى أن ينتظره من هذه الحياة الاصطناعية، ومن هؤلاء السحرة الجدد الذين تحذوهم طموحات تبدو له في ظاهرها ساذجة؟ والجواب أن البرامج المعلومياتية الأساس التي سبق ذكرها قد تكون مفيدة على أكثر من صعيد

في شكلها الذي سنقدمها عليه وفق ترتيب يجسد أهميتها بشكل تصاعدي.

فهذه البرامج يمكن أن تفضي إلى تأسيس ثقافة ديداكتيكية جديدة حول الأفكار والتصورات الأحيائية الكبرى، من قبيل ما رأيناه مع Richard Dawkins، الذي حاول تجسيد التصور الدارويني بالاعتماد على اصطناع معلومياتي قوامه كائنات "أحيائية الشكل" biomorphes، تخضع على شاشة حاسوبه لعملية تطور تجري وفق قواعد وبرامج وراثية محددة. كما أن بإمكان تلك البرامج أيضا – شريطة أن تكون مرنة بما يكفي وقابلة للاشتغال وذات بعد كوني – أن تفيد الاختصاصي الأحيائي، الذي يجد فيها وسيلة مختصرة تسعفه في اصطناع طريقة اشتغال النسق الأحيائي الذي يدرسه. فإذا تحقق هذا وذاك آن لها أن تندمج ضمن محيطات تطور معلومياتي أخرى يحبذها المهندسون والخبراء الذين يستعملونها لتسهيل أشغالهم في مجال التجريب والنمذجة. ولنتصور في هذا الصدد الخدمات الجليلة التي يمكن أن تقدمها لغات من نوع matlab أو mathematica للاختصاصيين الأحيائيين. ولعمري إن مبتكرات آلية خلوية ذاتية الحركة وشبكات من الطراز البوولي (نسبة إلى عالم الجبر البريطاني George Boole) وخوارزميات وراثية وكيمياء خوارزمية، لهي كلها برنامات متميزة ينبغي إدماجها في هذا المحيط المعلومياتي.

وخلاصة القول أن هذه البرامج الأساس يمكن أن تؤدي، بفعل التجريب النسقي المستمر الدائم، إلى اكتشاف قوانين طبيعية جديدة ذات أثر بعيد، يزيد من أهميته أن الأنساق الأحيائية المعنية بالعمليات التجريدية المصطنعة كثيرة العدد وفيرة. وهكذا فعندما يكشف بعضهم أن عدد الجواذب في شبكة بوولية أو شبكة من طراز Hopfield مثلا يتحدد خطيا بعدد الوحدات التي تتضمنها هذه الشبكات، فإن هذه النتائج قد تخص أيضا عدد الخلايا التي تعبر عنها شبكة وراثية، بقدر ما يمكن أن تخص عدد المعلومات الممكن حفظها في شبكة من الخلايا العصبية. وتحضرني بهذا الصدد فكرة لغة خوارزمية جديدة تفيد علمَ الأحياء بمثل ما أفادت الرياضيات

به الفيزياء؛ لغة بإمكانها من جهة أن تكتسي، وبشكل طبيعي جدا، سمات الوقائع الأحيائية التي يتأتّى فهمها من خلالها فهما أمثل، على حين يبشر استكشاف أنماط اشتغالها من جهة أخرى بمجموعة من النتائج والآمال ذات المرامي الكونية.

ويأتي دور المهندس بصفته هو أيضا مخاطبا طبيعيا، بحكم أن الطبيعة كانت على الدوام مصدر وحي وإلهام تأتى للمهندسين بفضلها إنجاز اصطناعات مفيدة للإنسان. ويكفي بهذا الصدد استحضار كيف أن Léonard de Vinci كان يتنقل بنجاح ويسر من رسومه التخطيطية في مجال التشريح إلى إنجازاته الهندسية.

لقد أدت الحياة الاصطناعية إلى ظهور وسائل معلومياتية جديدة، من قبيل الخوارزميات الوراثية والشبكات البوولية والكائنات الآلية الخلوية وما إلى ذلك من الوسائل التي تتبلور من خلالها لدى المهندس نظرة جديدة بشأن المعلوميات: نظرة موازية، قابلة للتكييف ومستقلة. فالإشكالات المعقدة تواجَه في إطار هذه المعلوميات باللجوء إلى إواليات بسيطة في حد ذاتها، لكنها إواليات تتكرر في الزمان والمكان إلى ما لا نهاية. ووجه التناقض الصارخ في هذه المعلوميات، هو أن المهندس لا غنى له عن أن يتقبل فقدان التحكم جزئيا إن هو شاء التوصل إلى ما هو مفيد.

وسأعمد الآن إلى دروس الكائن الحي الثلاثة أحللها تحليلا مستفيضا، متوسلا في ذلك بتجربة عالم الأحياء تارة وبخبرات المهندس تارة أخرى.

دروس المادة الحية الثلاثة

الانبثاق الوظيفي

هو أكثر الدروس أهمية وأقلها حظا من الفهم في الآن نفسه. فعادة ما يتسم نسق معقد باشتغاله على مستويات تجريدية متعددة، يكون كل مستوى منها قائما

بذاته وحاملا لإواليات مراقبة وقواعد سلوكية خاصة به، علما أن هذا الاشـتغال لا يتعلق في نهاية المطاف إلا بالمستوى الذي هو دونه مباشرة. فعندما يقوم ابنـي أو ابنك، وهو يزاول على الحاسوب لعبة "فيفا ٢٠٠٠"، بانتقـاء لاعبـي الفريـق ذي الشعار ثلاثي الألوان (الفريق الفرنسي) الذين يريد أن يلعب بهم مباراته، فإنـه لا يتصور بتاتا أن عملية انتقاء مدافعه أو مهاجمه المفضل إنما تتحقق عبـر متاهـة إلكترونية معقدة يمر التيار خلالها بعدد لا حصر له من البوابات الإلكترونية، فـي حين أن اشتغال كل من هذه البوابات، منظورا إليه وحده، هو أمر بسـيط وسـهل للغاية. وهكذا فإن اختيار اللاعب "زيدان" مثلا ينبثـق مـن مثـل هـذا الفـيض الإلكتروني المائج البسيط مبدئيا، لكن ذي التعقيد الشديد في مرحلته النهائية.

لا مراء في أن لعبة كرة القدم لعبة موجودة بالفعل، تمُارَس في عالم الواقـع في استقلال تام عن كل هذه المستويات المحايثة. لكن لا مراء كذلك في أن هاهنـا سلوكا يثير الاهتمام إلى درجة استهواء طفل على مدى أيام بأكملها، ينتج في نهاية المطاف عن تفاعلات بين بوابات إلكترونية لا تكتسي أية واحدة منها في حد ذاتهـا كبير أهمية بالمقارنة مع ما ينتج عنها مجتمعةً من سلوك.

بيد أنه لا شيء ثمة يوحي بأي انبثاق. ذلك أن كل شيء، اعتبارا من هـذا المستوى الأعلى إلى أدنى مستوى إلكتروني، يخضع لمراقبة هندسية مُحكمة يجري الانتقال وفقها من مستوى معين إلى الذي يجيء قبله مباشرة بطريقـة مبرمجـة، وحسب تخطيطات وتنبؤات مسبقة.

ويجتهد عدد محدود من الاختصاصيين المعلوماتيين في العمل علـى حـل الإشكالات المتعلقة بالبنية السلكية في هذا الدارة الإلكترونية، بينما يتعامل آخـرون – وهم الطبقة المتميزة – مع مستوى تجريدي أول يتضـمن التعليمـات الأوليـة الخاصة بالدارة الإلكترونية. ويعمل معظم هؤلاء في مستوى أعلى، حيث يبرمجون الحاسوب بواسطة لغات برمجية لإنجاز برامج يعمل نظامٌ خاص بالترجمة الآليـة على نقلها فيما بعد إلى المستوى الذي يأتي مباشرة تحت هذا المسـتوى. ويشـتغل

عدد متزايد من هؤلاء الاختصاصيين في مستوى تجريدي وظيفي أعلى من سابقه، من قبيل التحكم في ضوابط اشتغال تطبيقات من نوع Word أو Excel. ويعد هذا المبدأ التجريدي الوظيفي مفتاح الاشتغال المعلومياتي وسرا من أسرار ثرائه وغناه.

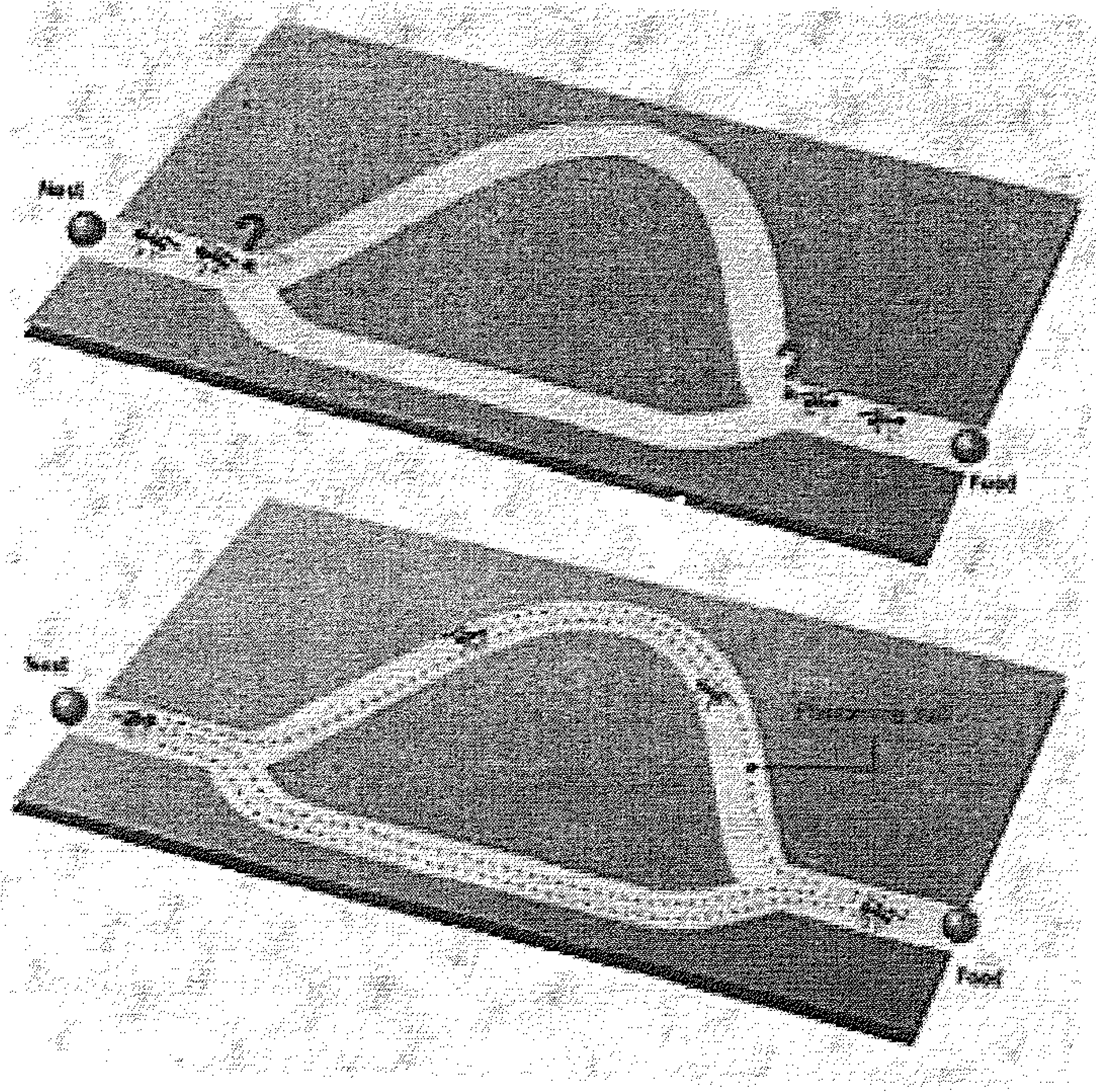
وتشترك المعلوميات والأنساق الأحيائية في امتلاكها هذه المستويات التجريدية الوظيفية المختلفة. فكلا المجالين يمكن أن يحتوي على أنماط وظائفية جديدة معقدة أحيانا، في مستوى أعلى، في حين أن إنجازها في المستوى الذي هو تحته مباشرة يتحقق عبر تفاعلات وعمليات تكرارية متعددة وبسيطة للغاية. فعند أي حد يا ترى يجوز الحديث والحال هذه عن انبثاق وظيفي؟

سنخصص تعبير الانبثاق الوظيفي هذا للدلالة على ما يقع حين يكتشف الباحث نظاما أصيلا من ابتكار الطبيعة، فيتتبعه مقلدا فيه الحاسوب، أي ساعيا به إلى قراءة أنساق وظائفية جديدة في مستوى أعلى، وذلك بواسطة إواليات محايثة عادة ما تكون أكثر بساطة، تبدو من مكانها في المستوى الأدنى وكأنها غير ذات أي أثر مباشر في هذا المستوى الأعلى. وعلى خلاف ما يقع حين تكون المستويات مرتبطة بعضها ببعض، إذ لا يجد المهندس أدنى صعوبة في التحكم فيها نزولا من أعلاها إلى الأسفل، فإن هناك في الانبثاق الوظيفي عملا هو مثل سابقه أقرب إلى عمل عالم الآثار، غير أنه يمضي تصاعديا هذه المرة، إذ يتساءل الباحث عن إواليات أصلية ابتكرتها الطبيعة يتعين اكتشافها وتَعَرُّفُها كي يتأتى لما هو "بسيط" معروف في مستوى أولي من الاشتغال، أن يفضي إلى "جديد" غالبا ما يكون أكثر منه تعقيدا بكثير.

تظهر لنا الصورة التوضيحية أسفله خلية من النمل يتعين عليها الاختيار بين طريقين للوصول إلى الطعام، فينتهي بها الأمر دائما إلى اختيار أقصرهما مسافة، علما أنه لا توجد في الخلية أية نملة تقوم بدور الدليل، وأنه ليس لأي منها القدرة على إثبات أي الطريقين أقصر مسافة.

فاختيار الطريق القصير خاصية انبثقت من تطبيق قاعدتين أوليتين بسيطتين تطبيقا كررته لمرات متعددة في الزمن كلُّ واحدة من النملات العديدة التي تكون الخلية، أولاهما أن النملة وهي تسير تترك على طريقها أثرا على شكل رائحة تضمحل شيئا فشيئا مع الزمن بسرعة ثابتة، وثانيتهما أنه عندما يتعين على نملة أن تختار بين طريقين تجدهما أمامها، فإنها تميل إلى تفضيل الطريق التي تنبعث منها رائحة أقوى من تلك المنبعثة من صاحبتها. (انظر الشكل ١)

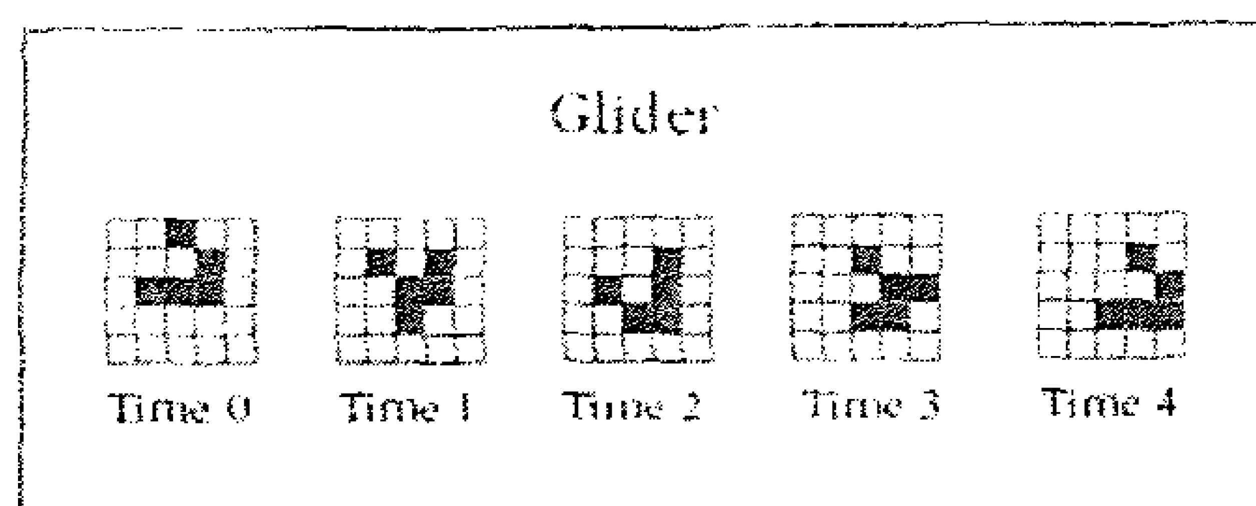
من هذه الظاهرة الانبثاقية استوحى أحد مساعديَّ في IRIDIA، وهو Marco Dorigo، فكرة ابتكار إحدى أفضل الخوارزميات مردودية ونجاعة في مجال الفرز والإرسال على شبكة إنترنيت، حيث تُقرر حزمُ أنترنيت، شأن أفراد مجموعة النمل وهي أمام عقدة من عقد الشبكة، أيَّ اتجاه يحسن بها أن تتبعه، وذلك استنادا إلى كثافة الأثر المتخلف عن الحزم التي سبق أن تنقلت عبر المكان. وتتميز هذه الخوارزمية بكونها قابلة للتكييف بشكل تام، وذاك أمر لا يستهان به في شبكةٍ سمتُها المميزة أن حمولتها بالأساس دائمة الحركة لا تستقر على حال.

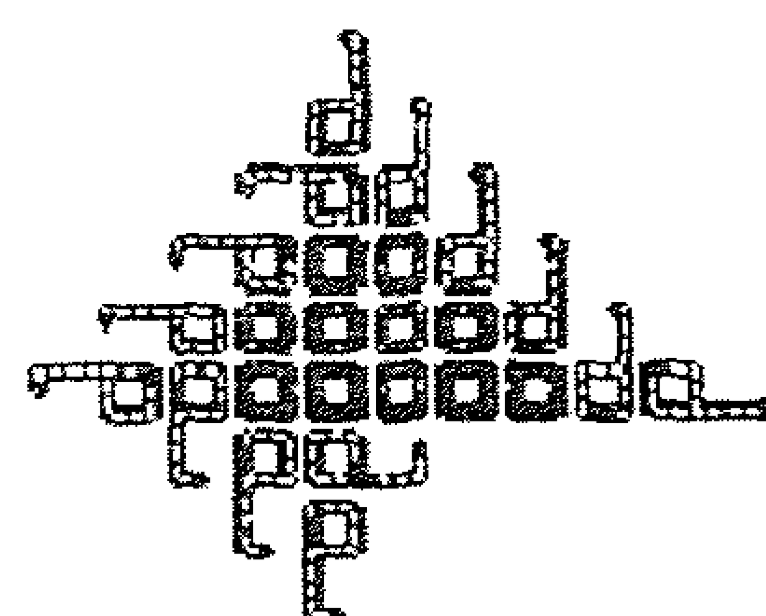


كيف يجد طابور من النمل أقصر الطرق للربط بين العش ومكان وجود الطعام

تُعد الكائنات الآلية الخلوية برامج معلومياتية أساسا مثالية في تجريب ظواهر الانبثاق وعرضها على شاشة الحاسوب. فما من خلية في الكائن الآلي إلا وتتغير حالتها مثلما تتغير وظيفة بسيطة (وهو أمر لا يستدعي في الغالب سوى بضع قواعد) في حالة الخلايا المجاورة. والسلوك الجماعي الذي تتخذه كل هذه الخلايا عبر الزمن هو الذي يتيح، كما هو مبين في الشكل ٢، لكائن صغير يدعى glider (أو "السابح")، أن ينتقل من مكان إلى آخر، كما يتيح لهذا الكائن ذي الشكل الشبيه بشكل حرف a اللاتيني أن يتوالد ذاتيا. فقدرة "السابح" على التنقل وقدرة الشكل المذكور على التوالد الذاتي هما خاصيتان تنبثق كل منهما من مجرد تطبيق قواعد الكائن الآلي الخلوي.

يتنقل "السابح" في اللعبة الشهيرة باسم "لعبة الحياة" اعتمادا على تطبيق القواعد الثلاث تطبيقا متكررا، كما يتناسخ الشكل إلى ما لا نهاية في الكائن ذاتي التوالد اعتمادا على تطبيق بضع قواعد كذلك





automate cellulaire autoreproductif

شكل ٢: يتحرك السابح في "لعبة الحياة" بطريقة لا تعدو كونها تكرارا لثلاث قواعد. كما أن الشكل في الكائن الآلي الخلوي ذاتي التوالد ينسخ نفسه إلى ما لا نهاية بفضل تطبيق بسيط لبعض القواعد كذلك.

ليس هناك إذن من تنقلٍ ولا من توالد ذاتي مرموز ولا مُتَجَلٍّ في القواعد الأولية المتحكمة في اشتغال الكائن الآلي؛ فسلوك مثل هذا الكائن في "لعبة الحياة" – وعلى الرغم من كون القواعد التي تكفي لتشغيله ثلاثا لا تزيد – سلوك معقد إلى درجة أن مئات الصفحات لا تكفي لوصف ما تتسم به الظواهر التي تراها أعيننا بسيطةً من تنوع باهر.

ولقد حازت الكائنات الآلية الخلوية إعجاب الفيزيائيين وعلماء الأحياء. ولا غرو، فهي تسهل لهم تصميم وضعيات يجعلون فيها عوامل بسيطة موزعة توزيعا فضائيا تتفاعل فيما بينها.

قابلية التكيف

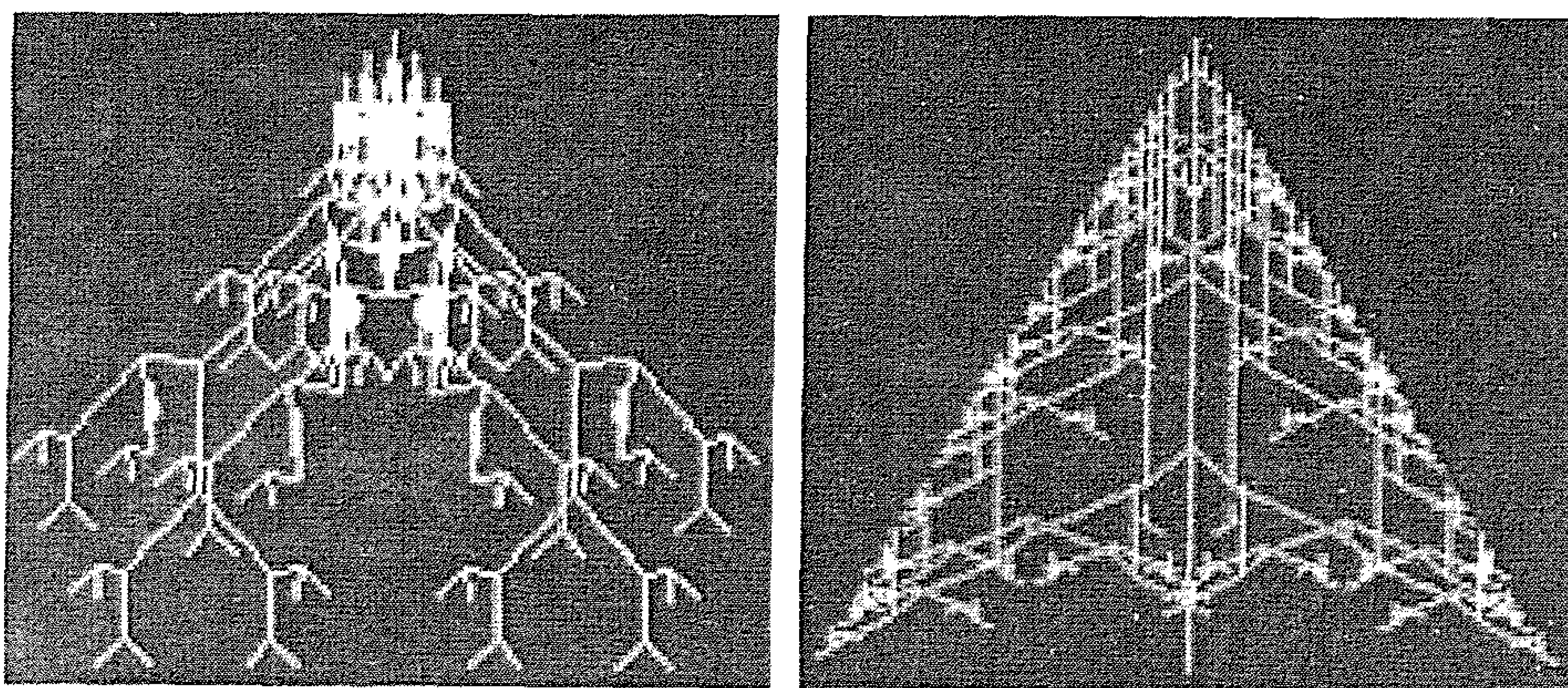
أمام هذه السلوكات المنبثقة المتنوعة أشد التنوع، كيف يتصرف نظام أحيائي معين، أيا كان هذا النظام، لانتقاء السلوك أو السلوكات التي يمكن أن تكون مفيدة له؟ كيف يصبح قابلا للتكيف؟ إنه يشتغل وفق إواليات انتقائية أو توطيدية تتيح له عزل سلوك مفيد من خضم حشد حاشد من السلوكات الممكنة. وخلال استغلال سلوكات التكيف هذه هندسيا، فإن المهندس يحل محل الطبيعة في عملية انتقاء سلوك يمكّن من حل إشكال معيّن. فعندما يُطرح إشكال في مجال الاصطناع الوراثي مثلا، تُقترَح عند كل تكرارٍ مجموعةٌ من الحلول الممكنة، يجري تقييم كل منها، مضافا إليه "قيمة تكيفية"، ثم تُنجز ثلاث إواليات وراثية هي الانتقاء والتحويل وإعادة التركيب، ولا يُحتفظ خلال عملية الانتقاء إلا بفئة قليلة تتكون من أفضل المرشحين، هي التي تجري عليها التعديلات اللاحقة.

أما خلال عملية التحويل فيُعمد – قصدا ولكن بطريقة اعتباطية – إلى إتلاف بعض هذه العناصر المرشحة، حيث تجرى عملية بحث عشوائية بين جماعة المترشحين الجيدين، على أمل أن يُكتشف من بينهم متميّزون، أو على عكس ذلك أن يسعف الحظ عنصرا علق في ردب لا منفذ له منه، فيكون في العملية خلاصه.

أما خلال عملية إعادة التركيب، فينتظم مرشحان يتفرع عنهما اثنان آخران يتكون كل منهما من جزء من الأول وجزء من الثاني، والمأمولُ أن يرث المرشح الجديد – أي الوليد – من أبويه مميزاتهما مجتمعة، فيصير قادرا على تبيّن حل أفضل مما تبينه أبواه من قبلُ من الحلول.

وقد لجأ Dawkins إلى استغلال هذه الخوارزميات الوراثية ذاتها في أبحاثه الداروينية عندما عمل على تطوير كائناته ذات الشكل الإحيائي (شكل ٣)، وهي الخوارزميات التي نصادفها في العديد من اصطناعات الأنظمة البيئويةُ، حيث يجري بفضلها توليد أنواع جديدة داخل هذه الأنظمة، سعيا وراء تحسين قيمتها

التكيفية. هذه الإواليات الأساس التي يتكرر إنتاجها عددا لا حصر له من المـرات، تضع بين أيدي المهندس حلولا مثلى لإشكالات مستعصية كانت تبدو وكأنْ لا حـل لها، نضرب لها مثلا في إشكالات NP الشاملة، مـن قبيـل "الجـوّال التجـاري العجيب"، التي يعج بها عالم المقاولات فيما تعلق بـالتنظيم والتخطـيط والتوقيـت وجمع المخزونات وتدبيرها وما إلى ذلك. فالحاسوب إذ يستطيع – وهـو يشـتغل بكيفية بسيطة – إنجاز تطبيقات بالغة التعقيد، إنما يسـتطيع ذلـك بفضـل "القـوة الكامنة" فيه وبفضل هذه اللمسة الأحيائية الخفيفة. وعبرهما أيضا يتقبل المهنـدس التخلي عن عملية المراقبة كما أشرنا إلى ذلك في المقدمة: فهو إذ "يتشبث " بمهمة الإرشاد وتوجيه مسار البحث، لا يتدخل في عملية إيجاد الحلول – بحكـم أنـه لا يتوفر على القدرات الذهنية التي يمكنها أن تخول له مواكبة اشتغال الحاسوب فـي انطلاقه الجامح نحو إنتاج الحلول الممكنة – بل يكتفي بتزكية الاقتراحات الجيـدة مميزا صالحها من الطالح.



كائنات من كائنات Dawkins ذات الشكل الآلي

إذا كانت الخوارزميات الوراثية عبارة عن إوالية تكيفية أحيائية تمتد علـى مدى أجيال متعددة، فإن التعلم باعتماد الدعم يحصل في مـدة زمنيـة قصـيرة، إذ يتعلق الأمر بتعلم من النوع العصبي، ينحصر زمنه في الفترة التي يعيشها النسـق

الأحيائي، ويجري خلاله تدعيم الضوابط من قبيل الروابط والعناصر (وغالبا ما يتعلق الأمر بالوصلات العصبية) التي ساهمت إيجابيا في إيجاد حل ملائم، وتُلغى على عكس ذلك الضوابطُ التي ساهمت إيجابيا في الحصول على حل خاطئ. وتضبط كثير من الكائنات الآلية أسلوب اشتغالها على هذا الشكل، وذلك كي تتمكن من فرز أعداد كبيرة من التركيبات المحددة المحتملة (كما الشأن مثلا عندما تجد هذه الكائنات الآلية نفسها أمام عدد ضخم من التمفصلات التي ينبغي تصنيفها) واختيار الأنسب من بينها وفق ما يقتضيه الحال.

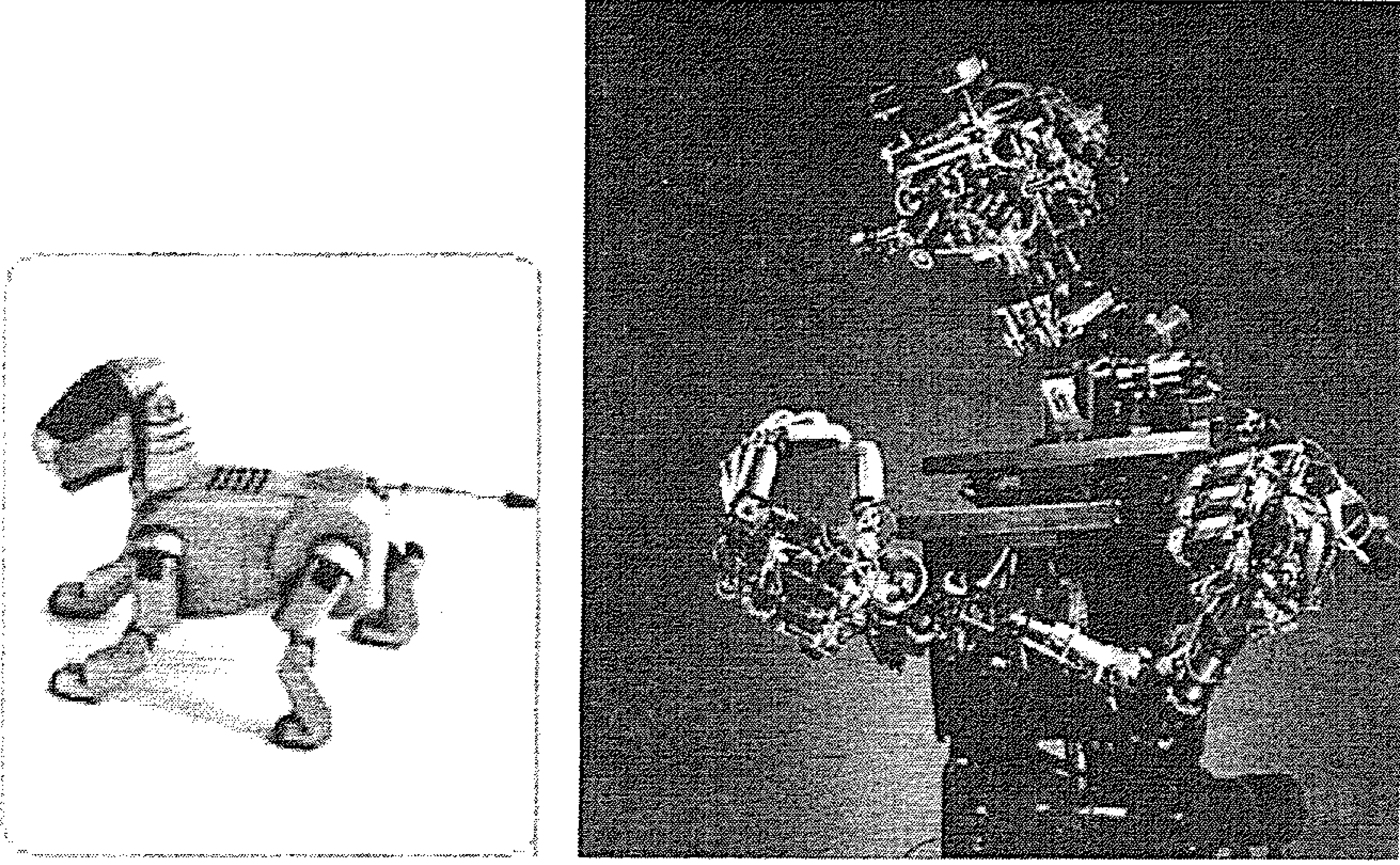
الاستقلالية عن المحيط المباشر

التوازي والانبثاق الوظيفي وقابلية التكيف هي الشروط اللازمة لتمكين هذه الاصطناعات الجديدة المستوحاة من الطبيعة من أن تواجه محيطها وأن "تولد" إلى الحياة. هنا ندخل في عمق الفرع الخاص بالكائنات الآلية في مجال الحياة الاصطناعية - التي تعد الكائنات الآلية المجسدة في الشكل ٤ نماذجها الأكثر شعبية - وهنا أيضا نصادف متزعمي إحدى أشد الحملات النقدية الموجهة ضد مفهوم الذكاء الاصطناعي عنفا، أولئك الذين يرون في هذا المفهوم انشقاقا قد نفر إلى السطح فلا رائب له بعد اليوم يرأبه، ويؤاخذون على الذكاء الاصطناعي كونه أهمل تجسيد أنساقهم التي يزعمون أنها على حد كبير من الخبرة والذكاء، إذ جعلها على الدوام تنجز تمثلاتها الذهنية من منطلق رمزي أو تمثلي يمليه المستعمل، في حين أن الإنسان الآلي وهو في وضعية ما، يجب أن ينسى تمثله الخاص عن العالم، وذلك بشكل إجرائي ومستقل، أي أن يكون لديه تمثل مفيد عن العالم يتيح له التحرك في داخله والحفاظ على حيويته فيه. ولنتصور، تقريبا للفهم، نسقا خبيرا قادرا على إجراء التشخيص الطبي - تمثيلا لذروة ما يمكن للذكاء الاصطناعي أن يصبو إليه - عاملا في محيطه الطبيعي الذي هو عيادة الطبيب. يصل المريض إذن إلى حجرة الفحص، فيشرع الإنسان الآلي في أداء المهمة. فإذا لم يتدخل

الطبيب لتزويد الآلة مسبقا بالخلفية الرمزية التي تنطلق منهــا العمليــات اللازمــة لإجراء التشخيص – من وصفٍ لحال المريض مثلا وتحديدٍ لأعراض المرض وما إلى ذلك – فإن النسق الخبير الآلي لن يكون باستطاعته أن يدلي في الأمر بما يفيد في التشخيص فضلا عن اقتراح أسباب العلاج.

بإمكان بعض السيارات اليوم أن تسير دون سائق في طرق سيارة بالولايات المتحدة الأمريكية، وهو مجال يمكن فيه للخبير بلا شك أن يتنبأ بكــل الوضــعيات الممكنة وأن يبرمجها قبل أن يسند إنجاز هذه المهمة التمثُّلية إلى الأجهــزة الآليــة تضطلع به. لكن ماذا سيكون حال هذا السائق المعلومياتي فيما لــو صــادف فــي طريقه جثة هامدة، أو – وهي أدهى وأمر – لو اتفق أن طلبنا منه مغادرة الطريق السيار للدخول إلى وسط باريس مثلا؟ سوف تتجسد الصعوبة لديه حينها في أخــذ جميع الوضعيات المحتملة التي قد تعترض سبيله، أخذِها جميعا وبشكل آلــي فــي الحسبان، سواء منها المعتادة لديه أو الخارجة عن المألوف. ويكمن الجواب بالنسبة إلى أنصار هذه الأنساق الآلية الجديدة المستلهمة من نمط أحيــائي، فــي تزويــدها بمحددات حسية–حركية أساسٍ متعددة، ودعامةٍ تَمَثُّلية شبه فارغــة يتعــين عليهــا تزويدها بما يلزم، وحاجات أساس (من قبيل القدرة الذاتية على مراقبة شحنة الطاقة فيها والحفاظ عليها عند مستوى معقول)، وقدرات تعلُّميــة هامــة، مفترضــين أن الإنسان الآلي، متى كان مزودا بهذه المجموعة التركيبية الأساس، سيسعى خــلال مواجهة وضعية معينة إلى إغناء تمثلاته عن العالم بما يتلاءم وواقع الحال، ليتمكن من إيجاد الحلول الضرورية للحفاظ على قدرته على الاستمرار في الحيــاة. وهــم يلقون في مواجهتهم انتقادات عنيفة اللهجة تكرر تلك التي ســبق أن وجههــا إلــى الذكاء الاصطناعي عدد كبير من الفلاسفة، مؤداها مثلا أنه إن كان نسقٌ معلومياتي معين قادرا على أن يقوم، استنادا إلى قواعد تركيبية، بعمليات معينة (مــن قبيــل الترجمة والتلخيص وما إلى ذلك) تجسد سيناريوهات مقبولة بخصوص مطعم مثلا، فإن ذلك لا يعني بتاتا أن هذا النسق يفهم وضعية المطعــم كمــا يفهمهــا الكــائن

الإنساني. فالقواعد التركيبية في منظور هؤلاء الفلاسفة لا تكفي لتجسيد الدلالة الحقيقية التي تكتسيها الوضعية. وفي رأيهم، فإن إنسانا آليا يجول عبر شوارع مدينة في يوم ذي مسغبة وفي حوزته مبلغ زهيد من المال، فيكتشف بابتهاج شعارا إعلانيا مضيئا يشير إلى متجر من متاجر ماكدونالد خاص بتزويد أمثاله بالطاقة، وحده ذلك الإنسان الآلي يمكن أن يفهم حقيقة معنى عبارة "مطعم".



بعض الكائنات الآلية من عالم الحياة الاصطناعية

ويستلزم ربطُ هذه الكائنات الآلية بالعالم تزويدَها بإواليـة موازيـة لتلقي المعلومات، وذلك لكونها تخضع باستمرار لمنبهات تنبعث من المحيط، مما يفرض عليها أن تبني مفاهيم خاصة بها يستحثها هذا المحيط ويغذيها، لكي تتمكن في المقابل من السيطرة عليه واستيعابه. وكما أن المفاهيم تنبثق من التفاعلات الحسية-الحركية فتكون دعامة لها، فإن حركية هذه الكائنات الآلية هي أيضا متعددة العناصر وانبثاقية تستلزم ضبطا تكييفيّا.

يتجلى إذن مما سبق أن دروس المادة الحية الثلاثة ومقاربتها – في المسار نحو كائنات اصطناعية تتسم بالاستقلالية – إذ لم نتعد بعد في فهمها مرحلة تسطير الخطوط العريضة، تتحدد كما تتأثر بعضها ببعض. وأن لا بد للإنسان الآلي قبل أن يستطيع إدراك محيطه والتحرك فيه، من الخضوع لتعديلات وظائفية انبثاقية وتكييفية عديدة.

نبض من حياة في غير الأحياء

أتوجه باستنتاجاتي إلى المخاطبَين الثلاثة الذين سلف ذكرهم في المقال، وهم على التوالي عالم الأحياء والمهندس والفيلسوف.

فالحياة الاصطناعية تتوخى بالنسبة إلى الأول تبيُّنَ ما يشترك فيه بشكل حميمي كل من الحاسوب وعلم الأحياء، وما يشترك الاثنان فيه ليس في المستوى الأخير أكثر من اشتغال بسيط، لكنه اشتغال يمكنه – بفعل قوة التوازي الكامنة والإعادات المتكررة باستمرار – أن يفضي في المستويات العليا إلى سيرورات جديدة غير مطروقة. ويتولد عن هذه السيرورات حشد حاشد من "أنماط الكينونة" الممكنة، تخضع جميعها في مرحلة لاحقة لعملية انتقاء. لذلك يتعين على عالِم الأحياء أن يكون واعيا بهذه التراتبية الوظيفية التي هي عماد الاشتغال المعلومياتي. وليس أفضل والحال هذه من إعادة إنتاج هذه الإواليات بواسطة البرامج المعلومياتية الأساس التي تقترحها الحياة الاصطناعية، وهي الوسيلة الوحيدة التي تمكن من فك رموز كل ما هو بسيط لكنه مستتر، والقيامِ بقراءة على مستويات عديدة، والكشفِ عما يوجد في مرتبةٍ أسفلَ بملاحظة ما هو موجود في مرتبة أعلى.

أما المهندس فندعوه بإلحاح إلى استعمال خير إمكانات الحاسوب عائدا وأمثلها فائدة وأجلها نفعا، ونعني قدرته اللامحدودة على القيام بمحاولات تتخللها أخطاء. وعليه متى فعل أن لا يتدخل في مجريات ما لا قدرة له على استيعابه من

عمليات، وأن يتيح للحاسوب ما يكفي من الوقت لاقتراح هذه السلسلة الضخمة من الحلول الممكنة لفك الإشكال الذي يواجهه، حتى إذا كان ذلك أمكنه – شأن الطفل الذي يزاول لعبة "الساخن والبارد" – أن يقود خطى الحاسوب، إذ إن المهندس وحده العارف في نهاية المطاف بطبيعة الإشكال، كما أنه وحده القادر على تقييم جودة الحلول المقترحة. إنها عملية تآزرية حد الكمال يسند فيها العنصران بعضهما بعضا، شريطة أن يتعرف المهندس قوة حساب الآلة، وأن يعرف كيف يعضدها بما آتته الطبيعة إياه من حذقِ يدٍ ووجاهة رأي وحسن تقدير.

وأما الفيلسوف، فقد عانى في السابق ما عاناه من محاولة الفرضية الوظائفية في مجال الذكاء الاصطناعي إقناعَه بأن الآلة قد يكون بإمكانها في المدى المتوسط أن تماثل الكائن الواعي وتشابهه في كل خصائصه. فماذا حين يقال له اليوم إن الوعي ذاته – وهو آخر المعاقل المستعصية على الآلة – قد ينتهي به الأمر يوما إلى الاستسلام أمام الحاسوب...

لقد كانت للفيلسوف آلية دفاع ناجعة في ما كان مسلّما له به من أن ظاهرة الوعي ظاهرة من صميم الذاتية المحض. فكيف له اليوم أن يقبل التفكير في تشريف آلة بامتلاك الوعي، في حين أن طبيعة الوعي ذاته تجعله عنده غير قابل للتحليل الموضوعي، بما هذا التحليل شرط أساس لا غنى عنه للتوليد المتماثل duplication الذي لا تستعصي الآلة عليه؟ إن ذلك يستلزم استخلاص الوعي من الذات وجَعْلَه موضوعا للعلم، استنادا إلى تعريف الظاهرة المتواضَع عليها من قِبل الجميع تعريفا متفقا عليه، قبل أن يتأتى الانشغال بمسألة إعادة توليده في الآلة.

وكيف يتأتى ذلك والوعي يستعصي على كل محاولة تروم إضفاء طابع الموضوعية عليه...

فماذا عن البعد الأحيائي؟ هل سيمكن يا ترى للفيلسوف اللجوء في شأنه إلى الآلية الدفاعية نفسها التي يعتمدها حيال الفرضية الوظائفية، مقرا له بما لم يقر به لسابقه، من أن بالإمكان، بدل الوعي، إسنادُ بعدٍ أحيائي للآلة؟

فلا ننسينَّ أن الحيوان بما هو آلة كان عند ديكارت كائنا حيا، غير أنه كان كائنا غير ذي وعي.

يطرح الإقرار بصفة الحياة إشكالا من نوع آخر بالنسبة إلى الفيلسوف، إذ يتعلق الأمر بالاتفاق على تعريف آلياتي يتحقق بشأنه الإجماع. بيد أن ذلك تعترض سبيله عقبات شتى، لا شك أن أفدحها عاقبةً أنّ أيّ تعريف آلياتي أو إجرائي من قبيل التوالد الذاتي والحفاظ على الانضباط الذاتي والاستقلاب والدينامية والتطورية وما إلى ذلك، يجد نفسه مباشرة في مواجهة نسخة معلومياتية عن الظاهرة ذاتها. وليس الناس جميعهم يستسيغون السماح للحاسوب بولوج مملكة الأحياء والانتماء إليها، لما من شأن ذلك أن يُفقد هذا الانتماءَ إياه من طابع التقديس الذي يكتنفه. وإذا كان من باب المستحيل أن يدرك حاسوب معنى أن يكون خفاشا، فإن بإمكانه في مقابل ذلك أن يحيا كما الخفاش يحيا.

الذكاء الاصطناعي(٢)

بقلم جون-بول هاتون
Jean-Paul HATON

مع بدايات ما بات يعرف باسم الذكاء الاصطناعي (IA)، أي منذ الخمسينات من القرن الماضي، تبنى الباحثون مقاربتين رئيستين في محاولتهم تصنيع آلات "ذكية". أما أولى المقاربتين – وهي المعروفة تحت اسم making a mind (أي "صناعة العقل")، ويمكن نعتها بالذكاء الاصطناعي الرمزي – فتقوم على تزويد نظام ذكاء اصطناعي بإواليات تحليل منطقي قادرة على معالجة المعطيات الرمزية التي تتكون منها المعارف المتعلقة بميدان معين. وتعتمد هذه المقاربة على النماذج والطرق الخاصة بالمنطق، وقد أفضت إلى الأنظمة القائمة على المعارف. وأما المقاربة الثانية – وتعرف باسم modeling the brain (أي "تشكيل الدماغ")، وتوصف بالذكاء الاصطناعي ذي الخاصية الارتباطية – فتتمثل في استيحاء الطريقة التي تعمل وفقها القشرة الدماغية. والوحدة الأساس في هذه المقاربة هي نموذج موحد للخلية العصبية، حيث يكون النظام عبارة عن ارتباط عدد كبير من هذه "الخلايا العصبية". وقد أفضت هذه المقاربة إلى قيام الشبكات العصبية التناظرية neuromimétique الحالية. وينحو الباحثون منذ تسعينات القرن الماضي نحو تحقيق نماذج تجمع بين المقاربتين اللتين لهما خاصيات متكاملة فيما بينهما. وهناك من جهة أخرى نماذج تعرف باسم النماذج الإحصائية، يجري اللجوء إليها بشكل يتزايد يوما عن يوم من أجل وصف التغيرات الكبيرة التي تدخل على الظواهر الموضوعة قيد الدرس. هذه المقاربات الثلاث (ونعني مقاربة الذكاء الاصطناعي الرمزي ومقاربة الذكاء الاصطناعي الارتباطي والمقاربة الإحصائية)، هي ما يتوخى هذا العرض وصفه.

(٢) نص المحاضرة رقم ١٦٣ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٩ سبتمبر ٢٠٠٠.

من أهم الصفات التي تميز الذكاء الاصطناعي (والذكاء بوجه عام)، هناك القدرة على التعلم، وهي القدرة التي تسمح لنظام (أو حيوان) معين أن يحسن من أدائه مع مرور الزمن. وكما سنرى ذلك، فإن سيرورة التعلم هذه حاضرة في المقاربات المختلفة، مما يجعل من تصور طرائق ناجعة وفعالة في المساعدة على التعلم والتأقلم مع وضعيات اشتغال جديدة، مجالا مهما من مجالات اهتمام الباحثين في ميدان الذكاء الاصطناعي. ولا بد لأجل وصف مجموع مجالات اشتغال الذكاء الاصطناعي من إدخال مجالات منهجية أخرى، نذكر منها على وجه الخصوص:

- حل المشاكل: يتعلق الأمر بتصور استراتيجيات فعالة في استكشاف مجالات حلول غالبا ما تكون مترامية الأطراف شاسعة. فقد مكنت دراسة ألعاب من قبيل الشطرنج والضامة وغيرهما من تصور نماذج لحل المشاكل وتجريبها، وهي نماذج يقوم عليها اليوم عدد كبير من أنظمة الذكاء الاصطناعي التي تعالج مشاكل معقدة. ومن أجل تحقيق فعالية أمثل، يجري اللجوء إلى ما يمكن تسميته بالمعطيات الاستكشافية heuristiques، وهي عناصر من المعلومات والمعارف الخاصة بالمشكلة المراد حلها.

في كثير من الحالات، يستدعي البحث عن حل لمشكلة معينة أخذ مجموعة من القيود الخاصة في الحسبان. وتتيح البرمجة المنجزة طبقا للقيود وصف هذا النوع من المشاكل ذات درجة التعقيد العالية، وتقترح لأجل حلها خوارزميات بحث عن الحلول تقوم على إوليات الاستجابة للقيود وكذا على استغلال معطيات استكشافية. وبذلك يعطي الذكاء الاصطناعي أبعادا جديدة للطرائق الرياضية التقليدية في مجال البحث الإجرائي، مما أتاح له تحقيق نتائج هامة في ميادين متعددة من قبيل تدبير الإنتاج الصناعي وتنظيم النقل وإدارة الشبكات المعلومياتية ووضع الدارات الكهربية من نوع VLSI وغير ذلك.

- تدبير المعارف والتحليل المنطقي الرمزي. وهو مجال محوري في الذكاء الاصطناعي الرمزي، سنتناوله في الفقرة القادمة.

أخيرا، ولأجل إكمال هذه الصورة، يمكن أن نذكر مجالات الذكاء الاصطناعي الكبرى حسب نوع الأنشطة الممارسة في كل منها:

- فهناك عملية التعرف على المعطيات وتأويلها. وهي معطيات قد تكون على قدر كبير من التنوع (من معلومات رمزية وإشارات رهينة بالزمن وصور وغير ذلك)، مما يجعل سبل معالجتها تختلف باختلافها وتتنوع. وتتعلق التطبيقات العملية بتعرف الكتابة (القراءة البصرية)، ومعالجة الصور (الاستشعار عن بعد والتطبيقات الطبية والصناعية)، والتشخيص (من طبي وصناعي ومالي وغيره)، ومراقبة سلوك الأنظمة الإنتاجية (ونذكر من بينها، غيضا من فيض، نظام SACHEM الذي ابتدعته شركة Usinor للمساعدة في مراقبة سير مصاهر المعادن)، وفهم الإشارات الصناعية أو الطبية وغير ذلك.

- وهناك المساعدة في اتخاذ القرار، والهدف منها تقديم المساعدة لإنسان مقبل على اتخاذ قرار معين انطلاقا من مجموعة من المعلومات المتنوعة وغير الموثوق منها. وتشمل تطبيقات هذا النوع من الذكاء الاصطناعي كل الميادين، من المصرفية إلى المالية فالصناعية فالطبية فالعسكرية فغيرها من الميادين.

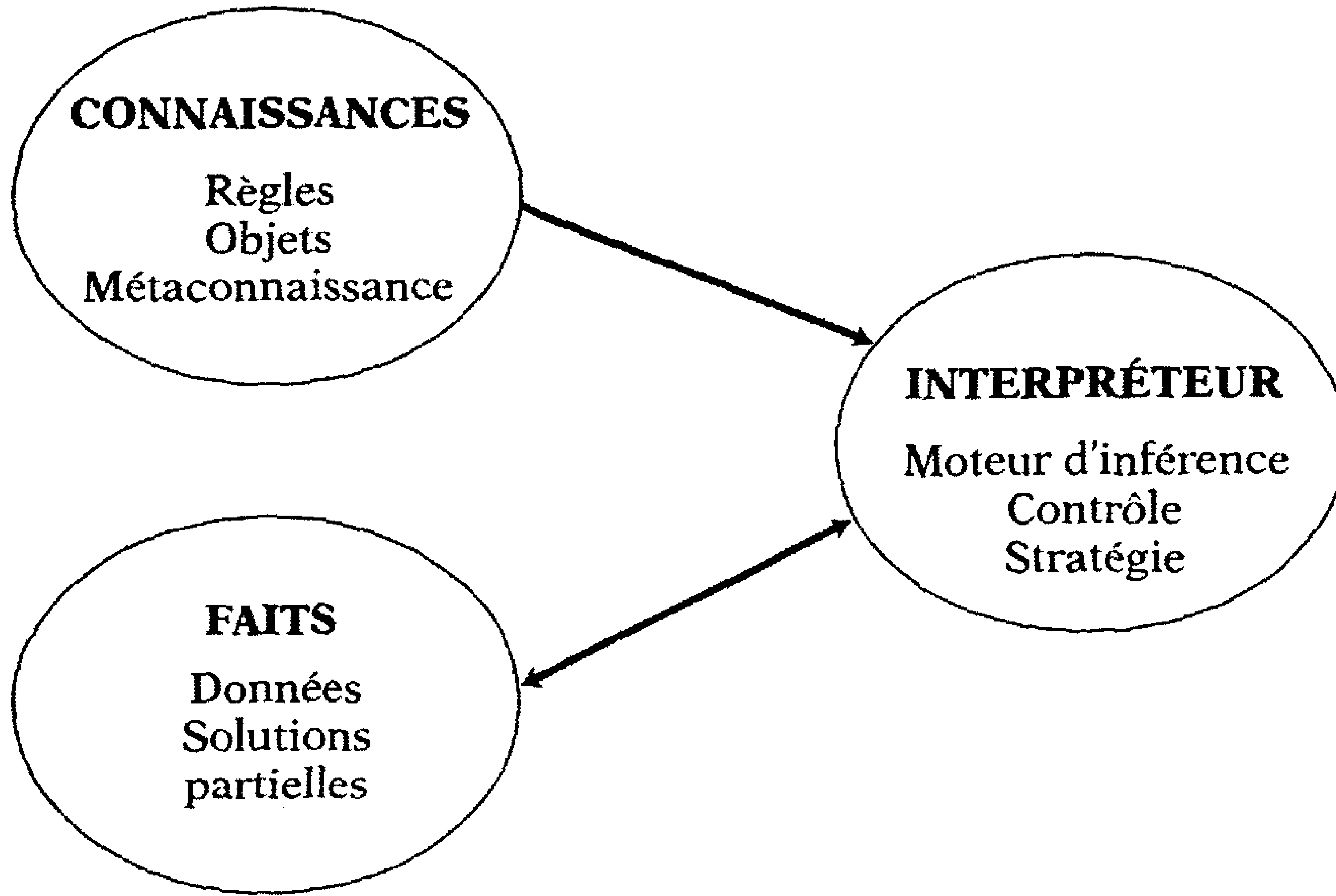
- وهناك تخطيط الأعمال والآلات التي تحل محل الإنسان. ويتعلق الأمر هنا بتحديد سلسلة الأعمال البسيطة التي تتيح إنجاز عمل واحد معقد – من مثل الحركات المطلوب من إنسان آلي إنجازها في محيط معروف لديه بدرجة تزيد أو تنقص – تحديدها تحديدا دقيقا.

- وهناك معالجة اللغة الطبيعية منطوقة ومكتوبة، وهو مجال بالغ التعقيد قد حققت الأبحاث فيه تقدما كبيرا. ولئن كان حل هذه المشكلة لا يزال بعيدا، فإن هناك تطبيقات حقيقية في مجالات ترجمة النصوص التقنية وتحليل الوثائق المكتوبة وتبويبها (كشأن محركات البحث في إنترنت) وتعرُّف الكلام (إملاء

النصوص بالصوت على آلة تحولها إلى حروف وكلمات مكتوبة، والوصول إلى المعلومات عبر الاتصال الصوتي المعلوماتي عن بعد télématique vocale).

الأنظمة القائمة على قاعدة من المعارف

يعد إنشاء الأنظمة القائمة على قاعدة من المعارف، وبخاصة ما يعرف باسم الأنظمة الخبيرة، مجالا رئيسا من مجالات البحث في الذكاء الاصطناعي. ويُهدف منها إلى بلوغ مستويات الإنجاز التي لدى الخبراء الآدميين، في مجالات محدودة، وبالاعتماد على مجموعة من المعارف يجري الحصول على أهم جانب منها من عند الخبراء الآدميين أنفسهم. وقد ظهرت هذه الأنظمة حوالي منتصف السبعينات من القرن الماضي (نذكر من ذلك مثلا نظام التشخيص الطبي المعروف تحت اسم MYCIN)، فكان لها في مجال الذكاء الاصطناعي أثر لا ينكر، كما أولتها وسائل الإعلام يومذاك اهتماما كان في بعض الأحايين مبالغا فيه. ومر الزمن فاختفى تعبير "النظام الخبير" ليحل محله مفهوم أعم وأوسع، هو مفهوم النظام القائم على قاعدة من المعارف، والمشهور اختصارا باسم SBC (Système à base de connaissances). ويقوم هذا النظام أساسا على التمييز بين المعارف الضرورية لحل مشكلة من المشاكل، وبين إواليات التحليل المنطقي التي تشتغل بناء على هذه المعارف، كما يبينه الشكل رقم ١.



يقتضي تطبيق التحليل المنطقي على مجموعة من المعلومات في نظام من أنظمة الذكاء الاصطناعي صورنة هذه المعلومات حسب طريقة تمثلية معينة. وأكثر طرق التمثل شيوعا هي الآتية:

- التمثلات المنطقية: لقد كان المنطق الرياضي من بين أوائل الأدوات التي جرى اللجوء إليها لشكلنة المعارف في أنظمة الذكاء الاصطناعي. ففي المنظور المنطقي، يمكن تمثيل كل معلومة على شكل صيغة رياضية، وذلك وفق قاعدة نحوية دقيقة. حينذاك تكون قاعدة المعارف متكونة على سبيل الحصر من مجموعة من الصيغ الرياضية التي تصف عالم الخطاب الذي تُطبق عليه قواعد التحليل المنطقي، كما هو الشأن مثلا بالنسبة إلى لغة البرمجة المنطقية المعروفة باسم Prolog.

- الشبكات الدلالية. وهي عبارة عن مجموعة من الرموز المكتوبة والمميزة بلافتات محددة، تمثل فيها العقد أشياء أو مفاهيم، بينما تمثل الأقواس حاملة

اللافتات العلاقات الدلالية الرابطة بين تلك الأشياء أو المفاهيم. وقد خرجت هذه الشبكات من رحم الأعمال التي أنجزت في مجال علم النفس المعرفي حول تنظيم الذاكرة (إواليات الربط association) ومجال معالجة اللغة الطبيعية.

- قواعد الإنتاج والشكل: إذا كان هناك شرطٌ إذن فهناك نتيجة

يتكون الجانب المتعلق بالشرط (ويدعى "السابق") من صيغة منطقية لا بد من تحققها كي يضحي تطبيق القاعدة ممكنا. أما الجانب المتعلق بالنتيجة (ويدعى "اللاحق")، فيمكن أن يتمثل في إضافة حادث أو فرضية أو إزالتهما، أو في انطلاق عمل أو غير ذلك.

وأما القواعد فيجري استغلالها من قبل محرك الاستدلال طبقا لإواليتين رئيستين يمكن دمجهما معا متى اقتضى الأمر ذلك، هما:

١- تحليل منطقي متسلسل نحو الأمام، تقوده معطيات معينة، وتستعمل فيه القواعد في اتجاه "من الشرط إلى النتيجة"؛
٢- وتحليل منطقي متسلسل نحو الخلف، يقوده هدف أو نموذج محدد، وتستعمل فيه القواعد في اتجاه "من النتيجة إلى الشرط".

- الأدوات المبنينة: لقد جرى اقتراح فكرة المخططات frame بصفتها نموذجا تمثليا لتجارب سابقة، يجري استغلالها لحل مشكلة جديدة. وكان الأمر يتعلق في بدايته بالتقنية البصرية عبر الحاسوب ثم بفهم اللغة الطبيعية. ومخططات frame عبارة عن كائنات منطقية تجمع بطريقة مبنينة جميع المعلومات والمعارف الخاصة بموضوع أو مفهوم أو وضعية خاصة. وقد تفرعت عن هذه التقنية فروع نجد بعضها في اللغات الموضوعاتية في المعلوميات الحديثة.

يعود الفضل في الصبغة متعددة الاختصاصات التي تميز الذكاء الاصطناعي إلى تنوع أصول النماذج التمثلية المذكورة أعلاه، والتي استوحى واضعوها علوما مختلفة كالرياضيات والمنطق والتحليل النفسي. واختيار نموذج معين هو أمر رهين بطبيعة المعارف ودرجة التحكم في التحليل المنطقي المراد بلوغها ونوع المشاكل المراد إيجاد حلول لها (من تشخيص وتخطيط وغيره). وينحو الاتجاه العام في الذكاء الاصطناعي اليوم نحو الجمع في نظام واحد بين أنواع مختلفة من التمثلات، بما يتيح وصفا أمثل لتنوع المعارف المستعملة.

يجري استعمال المعارف المتضمنة في الأنظمة القائمة على قاعدة من المعلومات بغرض القيام بتحليلات منطقية. وتستعمل تلك الأنظمة – علاوة على الإواليات الأساس المرتبطة بالنماذج التمثلية – أنواعا أخرى من التحليل المنطقي، نذكر من بينها على وجه الخصوص:

- التحليل المنطقي التقريبي: ما من أحد منا إلا ويشعر، في حياته اليومية أو أثناء أداء نشاطه المهني، بمدى عدم كفاية المعارف والمعطيات التي يعتمد عليها في إنجاز التحليل المنطقي. ولذلك يستدعي إنشاء أنظمة فعالة قائمة على قواعد المعلومات التوفر على إواليات تحليل منطقي تقريبية، أي قادرة على الاشتغال مع أخذ نقص الكفاية ذلك بعين الاعتبار.

- التحليل المنطقي الزمني: يتعلق الأمر بتطبيق التحليل المنطقي على ما وقع في الماضي (التاريخ) وعلى ما سيقع أو يمكن أن يقع في المستقبل (كالتنبؤات وما جرى مجراها). ولا بد لأجل أخذ عامل الزمن بعين الاعتبار من أن يكون هناك تمثل مناسب عن هذا العامل. وهناك في هذا المجال عدد كبير من التمثلات الممكنة، رمزية أو مختلطة تجمع بين الرمزية والرقمية.

- التحليل المنطقي المبني على نموذج معين: يعتمد هذا النوع من التحليل المنطقي على نمذجة modélisation النظام الموضوع قيد الدرس، أكان هذا

النظام كائنا حيا أم آلة أم سلسلة عمليات صناعية. ويكون هذا النوع من التحليل في الغالب من الصنف السببي، بمعنى أنه يربط بين الأسباب والنتائج على شكل رسم بياني سببي على سبيل المثال.

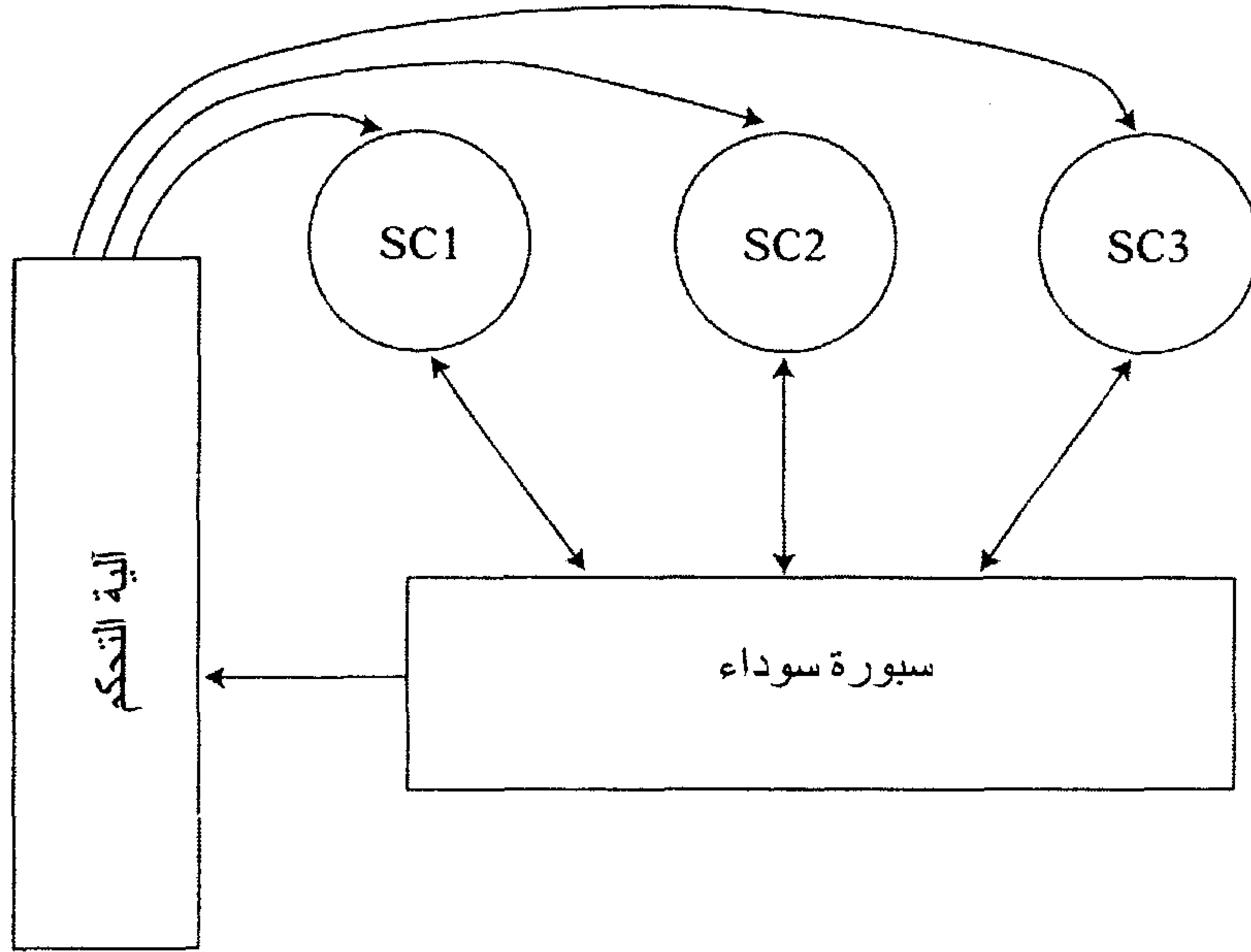
وقد جرى تطوير أنظمة عديدة من هذه النوع، وبخاصة في مجال التشخيص، نذكر منها على وجه الخصوص نظام CASNET الخاص بتشخيص أنواع عديدة من مرض زرق العين، وكذا الأنظمة العديدة المتخصصة في تشخيص الأعطاب التقنية (في الدارات الإليكترونية والسيارات وغيرها).

وتقوم النماذج التمثلية المستعملة في هذه الأنظمة على معرفة أعمق بالإواليات التحتية، وذلك على عكس القواعد الاستكشافية في الأنظمة القائمة على قواعد إنتاج، والتي تكون فيها المعرفة أكثر سطحية ويجري استخدامها بطريقة أكثر مباشَرة. والتحليل الكيفي qualitatif الذي يُعد إحدى أهم حالات التحليل المنطقي المبني على نموذج، هو وليد أبحاث أنجزت في مجالات الفيزياء الساذجة physique naïve والاقتصاد، ويقوم على نمذجةٍ كيفيةٍ خالصةٍ للظواهر (من قبيل تصنيفها بناء على الحجم أو على اتجاه التغير مثلا).

- التماثل والتحليل القائم على الحالات: يقوم هذا الضرب من التحليل المنطقي على فرضية مؤداها أن حل مشكلة معينة يتلخص في استرجاع تجارب سابقة. وهو لذلك ينتظم حول ذاكرة تختزن عددا من الحالات، أي من المشاكل ومن حلول تلك المشاكل. ويتلخص المبدأ الذي يقوم عليه في البحث لكل مشكلة جديدة عن مشكلة تماثلها قد سبق حلها فيما مضى، وتطبيق الحل الذي ناسبها آنذاك على المشكلة الحالية. وقد جرى بالفعل تحقيق تطبيقات بالحجم الطبيعي في مجالات عدة، ومن ذلك على سبيل المثال وضع مشاريع عمرانية وتشخيص أعطاب تقنية.

يعد الذكاء الاصطناعي الموزَّع أحد أكبر تيارات البحث حاليا. والحق أن فكرة حل المشاكل بطريقة موزعة في مجال الذكاء الاصطناعي تعود إلى

السبعينات من القرن الماضي، أيام ظهرت تقنيات لغات الفاعلين langages d'acteurs ونموذج اللوح الأسود. هذا النموذج الأخير - الذي اقتُرح في البداية في مجال تَعَرُّف الكلام - جرى تطبيقه في مجالات أخرى، نذكر منها على وجه الخصوص النظر عن طريق الحاسوب وتأويل الإشارات، وكان بذلك من أوائل الأمثلة في الأنظمة متعددة العوامل، علما أن العامل قد يكون كائنا ماديا (من قبيل إنسان آلي أو ما إليه) أو برناميا، يعمل في تضافر مع عوامل أخرى في حل مشكلة لا يستطيع أي واحد من تلك العوامل حلها وحده. وفي حالة اللوح الأسود، فإن الاشتغال المشترك يُنجز بطريقة غير مباشرة، عبر وساطة ذاكرة مشتركة، هي اللوح الأسود الذي تكتب العوامل عليه وتقرأ منه، كما هو مبين في الشكل رقم ٢. وينحو الباحثون اليوم صوب إقامة نماذج تتيح اتصال العوامل ببعضها اتصالا مباشرا، وذلك عبر تبادل الرسائل.

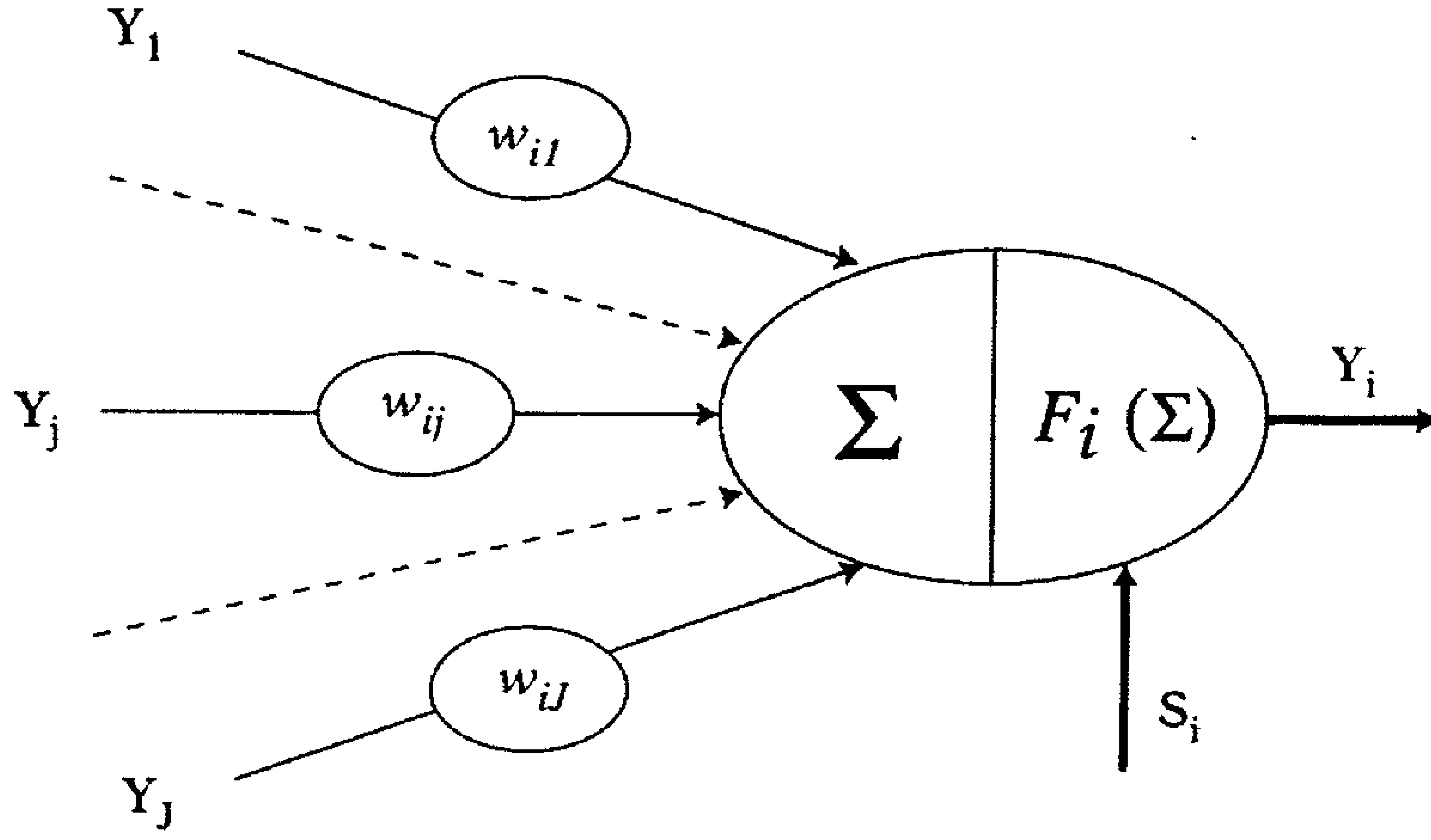


شكل (٢) هندسة نظام قائم على سبورة سوداء

ويتيح ذلك تفعيل إواليات اشتغال مشترك أكثر تطورا، من نحو المسابقات والمفاوضات وتغيير "علاقات" أحد العوامل تغييرا ديناميا وما إلى ذلك. وهذه العوامل من صنف معرفي cognitif، بمعنى أنها تمتلك قدرة على التحليل المنطقي واتخاذ القرار. وتجري أيضا دراسة أنظمة أخرى تكون العوامل فيها من الصنف التفاعلي réactif، بمعنى أنها لا تعدو أن تقوم برد فعل حين تتلقى إشارة من محفز معين. ويقاس ظهور سلوكات ذكية في هذه الأنظمة بمدى ملاءمة التفاعلات فيما بين العوامل.

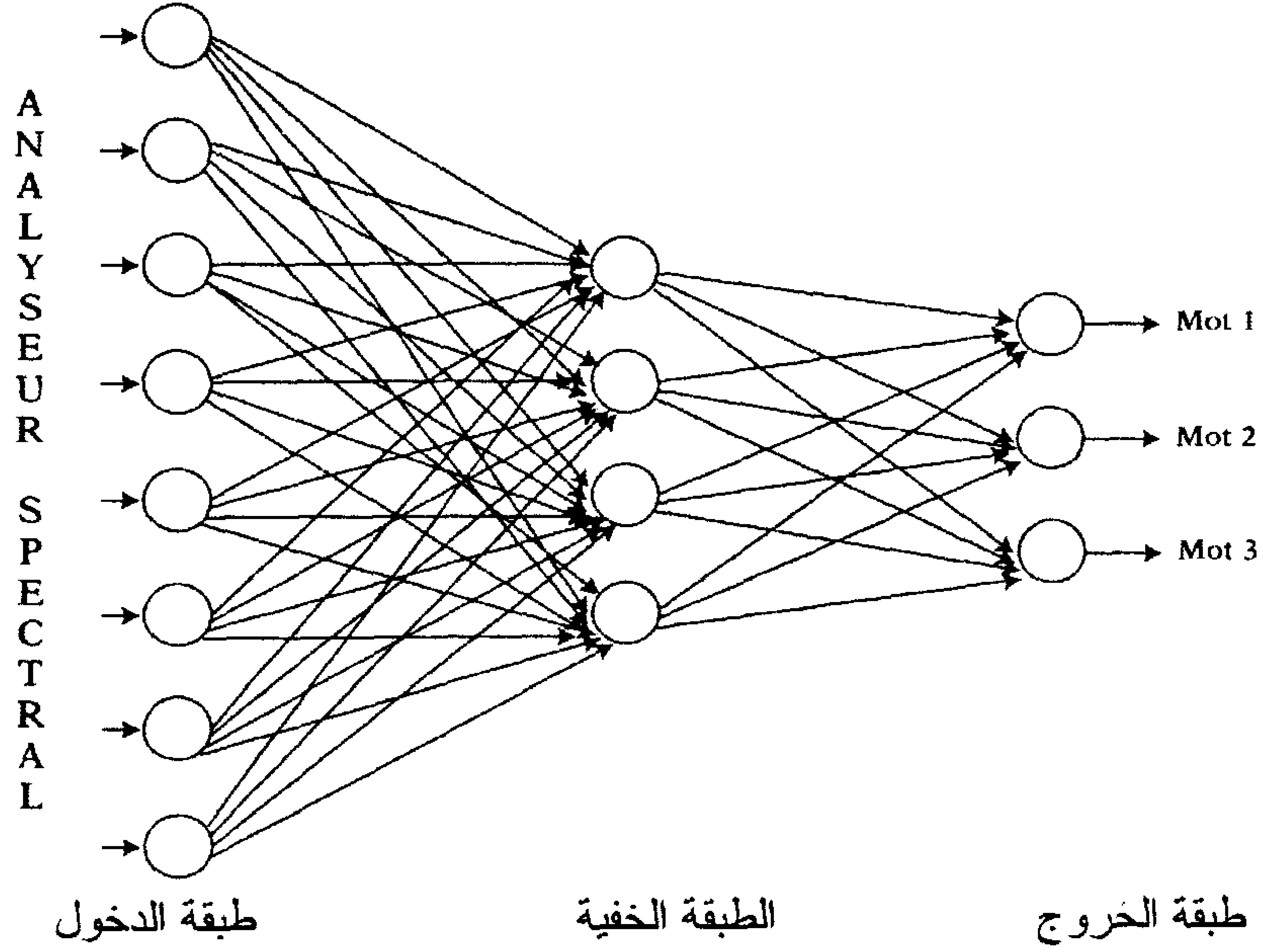
النماذج العصبية التناظرية

تقوم هذه النماذج كما بينا على استيحاء النموذج الطبيعي، حتى وإن كان هذا التقليد بسيطا حد البدائية. والدارة الأبسط والأكثر استعمالا اليوم هي الخلية العصبية الشكلية التي اقترحها McCulloch وPitts، والمبينة في الشكل رقم ٣



خلية عصبية شكلية من خلايا McCulloch و Pitts

ويتعلق الأمر بنمذجة بسيطة جدا لطريقة عمل الخلية العصبية الطبيعية التي يتحقق فيها تراكم اشتغال نقاط الاشتباك بفعل أمر مضبوط يأتيها من النظام العصبي. ويتيح الربط بين مجموعة من أمثال هذه الوحدات إقامة نظام ترابطي عصبي شكلي، يعرف أيضا باسم النظام العصبي، يتصف بخصائص مهمة منها دون أدنى شك القدرة على التعلم انطلاقا من أمثلة. وقد جرى اقتراح بنيات هندسية مختلفة في هذا المجال، من شبكات ذات طبقات، وبطاقات ذاتية التنظيم، وشبكات تواترية وغير ذلك. ويبين الشكل رقم ٤ على سبيل المثال مستقبلا perceptron متعدد الطبقات يمكن استعماله في التطبيقات المتعلقة بتعرف الأشكال.



شكل (٤) هندسة مستقبل متعدد الطبقات ذي طبقة خفية

في الشبكات العصبية، يتلخص التعلم في العمل على ملاءمة أوزان أو قوى الروابط بين الخلايا العصبية، ملاءمتها بطريقة تزايدية incrémentale، انطلاقا من أمثلة مقدمة في مدخل الشبكة. وهو يستدعي – حسب نموذج الشبكة المعنية – نوعين من القوانين. أما الأول فقانون مستلهم من علم الأحياء أو علم النفس، يتمثل في الفرع من قوة الارتباط بين خليتين يجري تحفيزهما في وقت واحد، ويعرف هذا القانون باسم قانون Hebb. وأما الثاني فهو قانون رياضي يقوم على طريقة تُوَسِّع إلى أبعد حد دالةً من دوال الكُلفة المحسوبة انطلاقا من الخطإ الذي تقع فيه الشبكة (ومن ذلك مثلا الطريقة المستعملة في الأنظمة ذات الطبقات من أجل منع انتشار الأخطاء في النظام). هذه القدرة على التعلم انطلاقا من أمثلة، تتيح للشبكات العصبية حساب دالة معينة حسابا تقريبيا، حتى حين تكون الدالة المعنية لاخطية

إلى حد بعيد. كما أن هذه الشبكات تكون متمتعة بقدرة على التعميم تتيح لها معالجة حالة معينة أو تَعَرُّفَ شكل معين، وذلك في ظل شروط تختلف عن شروط التعلم.

لقد استُغلت هذه الخواص في عدد من مجالات التطبيق، من مثل تبويب المعطيات وتَعَرُّف الأشكال (كقراءة الرموز المكتوبة قراءة بصرية، وتَعَرف الكلام، وتمييز الإشارات الأحيائية)، وحساب الدوال حسابا تقريبيا انطلاقا من نقاط تجريبية، والتنبؤ بمراحل تطور ظاهرة معينة، والتوسع إلى أبعد حد، والذاكرات المشتركة التي تتيح الوصول إلى معلومة معينة انطلاقا من وصف غير تام لهذه المعلومة.

كما سبق أن ذكرنا، فإن استيحاء النماذج الأحيائية في صناعة الشبكات العصبية ضعيف جدا، والخلايا العصبية الشكلية ليست إلا نتيجة لتبسيط كبير للحقيقة. وفي الآن نفسه فإن هناك أبحاثا عديدة يجري إنجازها بهدف إنشاء نماذج إعلامية من الخلايا العصبية ومن البنيات الهندسية الشكلية تكون أقرب إلى التحقيق من وجهة النظر الأحيائية (انظر بهذا الصدد مثلا نموذج العمود القشري colonne corticale، وغيره كثير). وليس الأمر بالسهل اليسير، فنظام القشرة الدماغية شديد التعقيد، ولا تزال طريقة عمله الحقيقية غير معروفة تماما، وذلك رغم ما تحقق من تقدم في مجال استكشاف الشبكة استكشافا وظيفيا وفي دراسة سلوك الخلية العصبية. وهذه الأبحاث تستدعي حوارا مستمرا بين علوم الخلايا العصبية وبين الذكاء الاصطناعي، ومنفعتها مزدوجة، إذ تساعد من جهة على تفسير الإواليات الدماغية، وتفضي من جهة أخرى إلى إقامة "شبكات عصبية" جديدة ذات قدرة إنجازية كبيرة.

النماذج الإحصائية

تتميز النماذج الاحتمالية والإحصائية بكونها توفر إطارا شكليا للإحاطة بخاصية التغير الملازمة لعالم الواقع ووصف تلك الخاصية. وهذه النماذج، مثلها

في ذلك مثل النماذج العصبية الشكلية، قادرة على التعلم انطلاقا من أمثلة، غير أن التعلم يقوم هنا على تخزين توزيعات احتمالية، وذلك بالاعتماد على خوارزميات غالبا ما تكون شديدة التعقيد، لكن خصائصها معروفة بدقة.

من النماذج شائعة الاستعمال نذكر الشبكات التي يطلق عليها réseaux bayésiens. وهي عبارة عن رسوم مكونة من عدد من العقد تمثل مفاهيم ميدان من الميادين، وأقواس تمثل ما يقوم بين مفهومين من تلك المفاهيم من علاقات سببية محسوبة حسابا احتماليا (كالقول مثلا بأن حالة مرضية جسدية معينة لدى مريض معين قد تكون سببا في ظهور عرض معين، وذلك حسب احتمال معين). وتتيح هذه الشبكات تطبيق عمليات تحليل منطقي احتمالية على وقائع متعددة، وذلك بفضل ما يميزها من إواليات نشر للاحتمالات على امتداد الشبكة. وهي بذلك ذات فائدة كبيرة في معالجة المشاكل متعددة الخيارات، من مثل التشخيص، وخصوصا منه التشخيص الطبي.

يعد الزمن إحدى المقومات الأساس في العديد من مجالات اشتغال الذكاء الاصطناعي. وذلك هو السبب في كون النماذج الإحصائية التي تأخذ في حسبانها خاصية التغير الزمني، أو النماذج الاحتمالية، من بين أكثر النماذج استعمالا في مجال الذكاء الاصطناعي.

وأكثر النماذج الاحتمالية شيوعا هو النموذج المعروف باسم نموذج Markov الخفي، المعروف باسم MMC (اختصارا لعبارة Modèle de Markov Caché)، أو HMM (اختصارا لعبارة Hidden Markov Model). فهو المستعمل مثلا في تعَرُّف الكلام، حيث تكون كل الكائنات المطلوب تعرّفها ممثلة بمصدر من مصادر Markov يكون قادرا على بعث الإشارة الصوتية التي تقابل الكلمة المعنية.

عند ذلك يتمثل التعرف في حساب احتمال تحقق سلسلة الملاحظات الصوتية المكونة للكائن المطلوب تعرّفه (من نحو كلمة أو وحدة صواتية)، وذلك بالمقارنة

مع النماذج التي سبق تعلمها. وبناء على ذلك فإن الجواب يأتي من قِبل النموذج الذي يتحقق فيه أكبر احتمال لأن يكون باعث سلسلة الملاحظات المعنية.

وتكمن إحدى أهم خصائص نماذج MMC في قدرتها على أن تتعلم بطريقة آلية مختلف الضوابط الحسابية والتوزيعات الاحتمالية المتعلقة بالتطبيق الذي تباشره. وهو تعلم يجري بالاعتماد على خوارزميات تكرارية خاصة بتقدير الضوابط الحسابية، نذكر منها على وجه الخصوص خوارزمية Baum-Welch.

وقد جرى استعمال نماذج MMC بنجاح كذلك في مجالات أخرى غير مجال الكلام، وبخاصة مجالات تأويل الصور وتعرّف الكتابة وتأويل الإشارات (من مثل إشارات الرادار والإشارات الصوتية والأحيائية وغيرها)، وكذا في مجال الإنسان الآلي robotique.

خاتمة

يتيح الذكاء الاصطناعي استعمال الحاسوب استعمالا أذكى، لأنه يسهل الاتصال ما بين الإنسان والآلة ويستغل إلى أقصى حد ممكن قدرة هذه الأخيرة على المعالجة. وعلاوة على تطبيقات الذكاء الاصطناعي الإجرائية التي تشهدها العديد من المجالات، فإنه يساهم في فهم أمثل لسيرورات الإدراك الحسي والمعرفة لدى الكائن البشري، وذلك بفضل طبيعته متعددة التخصصات. وتنحو التوجهات الحالية نحو الزيادة في قوة الأنظمة بما يمكن من تفادي انحدار مستوى الأداء تجاه وضعيات غير متوقعة، وكذا تنويع سبل المعالجة المرتبطة بالمعارف، من مثل التعلم، وإقامة ذاكرات مقاولة قادرة على تجميع معارف العاملين بها وتجاربهم من أجل الاستفادة الجماعية، والمساعدة في البحث عن المعلومات عن سبيل البحث في قواعد المعطيات، والبحث في شبكة الإنترنت وغير ذلك من التطبيقات العديدة. ولا شك في أن الذكاء الاصطناعي سيحتل مكانا أكبر فأكبر في قلب أنظمة الإعلام المستقبلية.

أية تكنولوجيات مستقبلا ولأي شكل من أشكال الدفاع ؟[٣]

بقلم جون-إيف هيلمر

Jean- Yves HELMER

دأب العسكريون دائما على مساندة المبادرات في مجال البحث العلمي واستغلال التقدم التكنولوجي، بل قل إن البحث العلمي المسخر لأغراض دفاعية كان لأمد طويل هو المحرك الأساس للطفرات العلمية والتقنية، إذ سرع وتيرة التطور في قطاعات تكنولوجية بأكملها في مجالات الطيران والفضاء والإلكترونيات والاتصالات البعدية. فتقنيات إطلاق المركبات الفضائية انبثقت من التكنولوجيات المتطورة التي كانت تهدف في أصلها إلى إطلاق الصواريخ. كما أن أولى الدارات المدمجة أُنتجت منذ ١٩٥٩ بإيعاز من إدارة الدفاع الأمريكية. أما نظام المعلوميات فقد نشأ من جراء الحاجة الماسة إلى حساب لفك الرموز. أما المحركات النفاثة العَنفية والرادارات وأنظمة تحديد المواقع بواسطة الأقمار الصناعية، فكلها ابتكارات عسكرية الأصل، شأنها في ذلك شأن المواد متعددة العناصر وتكنولوجيات إنترنيت التي طُوِّرت في الأصل لفائدة الشبكة العسكرية Arpanet.

كما أن هذا المنطق ذاته تحول إلى وسيلة استُغلت في أشكال المزايدات التكنولوجية التي اتسمت بها محاولات السباق نحو التسلح خلال مرحلة الحرب الباردة، مما أدى إلى نشوء فكرة مبادرة الدفاع الاستراتيجي IDS التي أعلن عنها "رونالد ريجان" خلال الثمانينات. وقد ساهمت هذه المزايدات في انهيار الاتحاد

---

(٣) نص المحاضرة رقم ٢٦٤ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٠ سبتمبر ٢٠٠٠.

السوفياتي ماليا وتكنولوجيا بعد أن أنهكت قواه الوتيرة التي فرضتها الولايات المتحدة الأمريكية في المجال.

أما اليوم فقد تغير السياق بشكل كبير. ذلك أن الخصوم والمخاطر والعناصر المهدّدة أضحت كلها من نوع آخر. فإذا كانت التطورات التكنولوجية الخاصة بأنظمة الدفاع لاتزال في بعض المجالات تنتج عن جهود البحوث المنجزة خصوصا لفائدة الدفاع، فإنها أيضا أصبحت ترتبط تدريجيا بالتقدم الحاصل في مجال التكنولوجيات المدنية، سواء في مجال أنظمة الاتصالات البعدية أو الإعلام أو الطيران أو حتى المركّبات الإلكترونية.

تهديدات جديدة في إطار جيوستراتيجي يتسم بالتطورات المنفتحة على كل الاحتمالات

مع نهاية فترة الحرب الباردة، خرج العالم من عهد الثنائية القطبية الذي كان يخيم عليه تهديد كبير واضح المعالم، ليلج عهدا تسيطر فيه قوة عظمى واحدة هي الولايات المتحدة، حيث إن هذه الأخيرة، وهي تستشعر قوة تفوقها العسكري والاقتصادي، تملي على شركائها نظرياتها وأنظمتها وتكنولوجياتها وضوابطها وأنماط سلوكها في تدبير العمليات، دون أن يستطيع أحد في غالب الأحيان أن يحرك ساكنا أو ينكر عليها شيئا من ذلك. فماذا سيكون يا ترى مآل وضعية جيوستراتيجية مريحة من هذا النوع خلال العقود القادمة؟ إن التفوق العسكري الأمريكي يبدو اليوم راسخا لاشيء يزعزعه. لكن، هل ترغب الولايات المتحدة فعلا في القيام بدور الدركي في العالم؟ وهل هي مستعدة للتدخل في كل نقطة من أرجاء المعمور؟ ثم هل لديها القدرة اللازمة لذلك إذاما أخذنا بعين الاعتبار تأثير الميولات ذات النزعة الانعزالية التي تتبلور داخل الرأي العام الأمريكي والتي قد تكون لها الكلمة الفصل في الموضوع؟

من المؤكد أن الأجوبة التي سترد على هذه الأسئلة سيكون لها وقع مباشر وذو شأن فيما يخص الحاجات الدفاعية والسياسة الدفاعية وكذا تحديد أنظمة الدفاع الفرنسية والأوروبية عموما.

لقد سبق أن تجسد المثل واضحا في حرب كوسوفو، إذ ما كان بإمكاننا التدخل كما فعلنا لولا وجود الأمريكيين الذين كانوا وحدهم يمتلكون القدرة على تدبير بعض العمليات العسكرية بكفاءة مطلقة.

ثم هل ستنجح أوروبا غدا في إرساء دعائم سياسة خارجية في مجالي الأمن والدفاع؟ هل ستكون لديها قدرات عسكرية فعلية مشتركة؟ أضف إلى ذلك قضايا المنطقة الشرقية: فهل ستتوفق روسيا في الخروج من وضعية ركودها الاقتصادي أم هل ستنكمش في قوقعتها المنغلقة، أم هل يا ترى سنراها تنتفض فترسخ من جديد وجودها القومي لتستعيد مكانتها المرموقة في مسرح الأحداث ديبلوماسيا وعسكريا؟

وما المكانة التي ستحتلها الصين بدورها على الصعيد العالمي؟

وأية قوى جهوية أخرى قد تنبعث لتكون لها كلمتها في الساحة الدولية؟

ثم ما هي المناطق التي ستحتوي بؤر التوتر مستقبلا؟

لقد تعددت أشكال التهديدات، ولم يعد بالإمكان السيطرة على أنواع المخاطر المحتملة التي تحدق بالمجتمعات الإنسانية في إطار جيوسياسي بات يتسم بالتطورات المنفتحة على كل الاحتمالات...

وإذا كان الوضع يبدو مستقرا وثابتا في وسط أوروبا، فإن انعدام الاستقرار يهيمن على حدود هذه القارة في منطقتيها الجنوبية والجنوبية الشرقية، بل إن بؤر التوتر ما انفكت تتعدد خارج أوروبا، تذكي نيرانها سلوكات عنيفة ذات صلة بالهوية أو تجسد نزعات قومية ضيقة أو أصولية دينية هوجاء، لكنها أيضا تنم عن عدم الاستقرار في مجتمعات تعيش مراحل انتقالية لا تتحكم خلالها بعد بشكل جيد

في آثار تطور اقتصادي سريع، ولا في نتائج انفجار ديموغرافي كثيف، ناهيك عن عواقب تعمير حضري فوضوي أرعن.

وإلى بؤر التوتر هذه تنضاف مخاطر جديدة. ذلك أن انتشار أسلحة الدمار الشامل وما يجري مجراها أضحى اليوم أمرا يتجاوز نطاق الأسلحة النووية ليشمل الوسائل الكيميائية والبيولوجية التي باتت لا فحسب في حوزة دول متعددة، بل وأيضا في متناول منظمات إرهابية.

وزيادة على ذلك كله، فإن هناك أشكالا جديدة من مكامن الضعف تبرز مع تطور التكنولوجيات الجديدة. فالفضاء والأقمار الاصطناعية المبثوثة فيه، ووسائل التحكم في المجال الفضائي، التي تنسج خيوطها لتطال عقر حياتنا الحميمية، كلها مبتكرات قد تصبح غدا ميادين يتخذها مهاجمون من طراز جديد ساحات للقتال.

مبدأ جديد يسوّغ للديمقراطيات الغربية
حق التدخل

أمام تعدد أشكال التهديدات والمخاطر هذه، نشأت لدى الديمقراطيات الغربية عقيدة جديدة تسوغ لها حق التدخل لتفادي الأزمات والنزاعات العسكرية وتسويتها.

وفي هذا الإطار فإن اللجوء إلى القوة لا يكون خيارا محتملا إلا بعد أن تُستنفَذ كل وسائل البحث عن الحلول السياسية والديبلوماسية، وتتوفرَ الضماناتُ اللازمة لتحقيق الفوز في حال اللجوء إلى القوة، وذلك في إطار احترام القانون الدولي، حيث يستقي اللجوء إلى القوة آنذاك مشروعيته ونجاعته من كون العمليات تجري في إطار تحالف متعدد الجنسيات.

احترام القانون الدولي وتأثير الضغط الذي يمارسه الرأي العام عنصران يتعزز فعلهما من جهة أخرى بالرغبة في الحفاظ على أكبر عدد ممكن من الأرواح البشرية، وحصر استعمال القوة في تحقيق الأثر المطلوب لا يجاوزه: إنها

مقتضيات تستتبع مراقبة سياسية أكثر دقة تقيّم مراحـل العمـل العسـكري الـذي أصبحت نتائجه اليوم تتابع مباشرة على شاشات التلفزة في كل بقاع المعمور. وكما تجسد ذلك بوضوح في استنكار عمليات زرع الألغام المضادة للأشـخاص، فـإن استعمال الأسلحة ينبغي أن يتجنب قدر الإمكان إصابة المحاربين برضوخ بليغـة، كما يتوجب أن يحترم السكان المدنيين خلال العمليـات العسـكرية، وأن يتفـادى إحداث آثار سيئة غير مقبولة بعد استتباب الأمن.

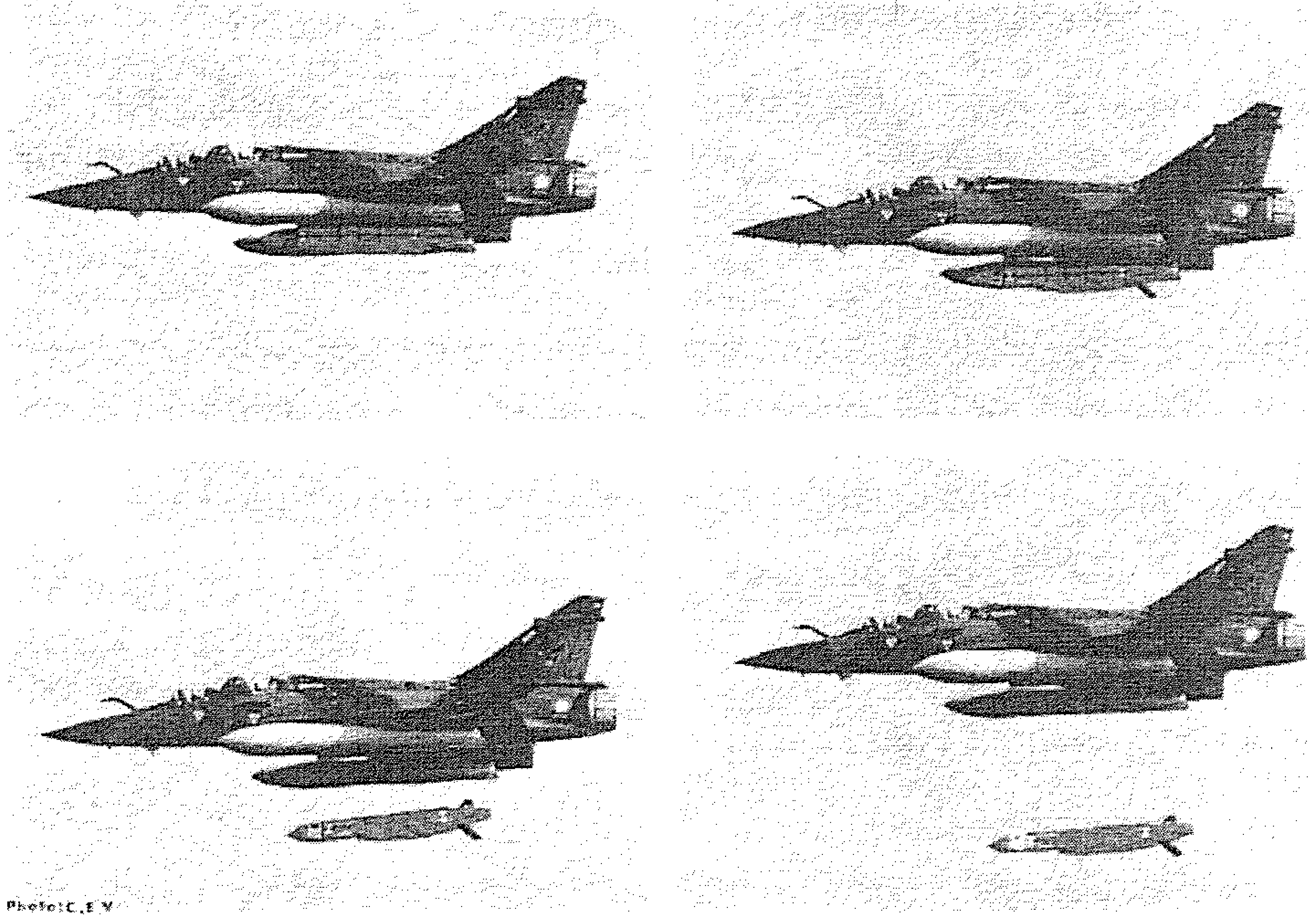
إن طبيعة النزاعات أصبحت تختلف عما كانت عليه بالأمس. ذلك أننا نجـد أنفسنا أكثر فأكثر أمام مواجهات تختل فيها موازين القوى، وذلك لكون مسـتويات المتحاربين التكنولوجية متباعدة بشكل صارخ، بل ينعدم فيها التماثل انعداما مطلقـا عندما لا يشترك الخصمان في نظام قيمي واحد ولا يتّبعان قواعد سـلوكية واحـدة خلال المواجهة. وأوضح دليل على ذلك استعمال الدروع البشرية فـي النزاعـات الحديثة.

ومن ثمة فإن أشكال القتال قد تأثرت من جراء ذلك تأثرا عميقـا، إذ تتعـدد أنماطها من الحروب الفتاكة ذات الوتيرة العالية إلى عمليات حفظ السلام بل الحفاظ على النظام. كما أضحى من اللازم أخذ طبيعة مختلف المنـاطق الجغرافيـة فـي الحسبان، سواء منها المساحات الصحراوية المقفرة أو الأوساط الحضرية المعمَّـرة التي باتت أكثر فأكثر تَعَرُّضا لعمليات تستهدف السكان المدنيين.

امتيازان لازمان لتحقيق الغلبة التكنولوجية

يتيح التفوق التكنولوجي في السياق الجديد تحقيق امتيـازين لازمـين. أمـا الأول فيبقى كما كان بالأمس إحرازَ قصب السبق في مواجهة الخصـم، علمـا أن الخصم أو الخصوم المحتملين قد تطورت قدراتهم التكنولوجية عما كانت عليه فـي الماضي، وأننا لم نعد في عالم يحكمه منطق السباق نحو التسلح، بل أصبحنا فـي حاجة تتزايد يوما عن يوم إلى امتلاك التكنولوجيات لمواجهة الظروف الجديدة التي

نرغب في إقحام قواتنا فيها. وقد تجسد ذلك واضحا خلال التدخل في كوسوفو، باستعمال الصواريخ الموجَّهة عن مسافات بعيدة، وكذا الطائرات والبوارج البحرية المزودة بآلات تنفد عمليات بدقة حسابية بالغة.



شكل (١) إطلاق تجريبي لصاروخ "أباش"

أما الامتياز الثاني اللازم، فذو صلة بالدور الذي نود الاضطلاع به في إطار التحالفات. فإذا كنا نرغب أن نتميز عملياتيا، وإذا كنا نريد أن نؤثر سياسيا في اتخاذ القرارات، فإن علينا الاحتراز من مغبة نقص تكنولوجي من شأنه أن يسبب إقصاءنا خلال تدبير العمليات. ويتوجب علينا مثلا أن نضمن ظهور أنظمتنا الإعلامية والاتصالية بمستوى أمني يتيح لها تبادل المعلومات الحساسة مع شركائنا بكيفية ناجحة. كما يتوجب أن تتّسم طائراتنا بالقدر ذاته من خفة التسلل التي تتمتع بها وسائل شركائنا، حتى نتمكن من المشاركة في تنفيد الغارات بكل انسجام.

وهكذا فإن منطق "الاجتهاد في قهر الخصم"، قد استبدل به اليوم منطق "العمل على التلاؤم مع الشريك".

استراتيجية تكنولوجية
تتلاءم وإمكاناتنا المالية

إذا كانت استراتيجيتنا التكنولوجية مؤسسة على مبدأ استشعار التهديدات المستقبلية والحاجات الدفاعية الجديدة، فإن عليها أيضا أن تتلاءم وإمكاناتنا المالية.

إن وزارة الدفاع تمول اليوم أعمال البحث العلمي بطريقتين اثنتين: فهي من جهة تمول مباشرة وفي حدود ٤ أو ٥ مليارات من الفرنكات الفرنسية منظمات للبحث تقوم على وجه الخصوص لا الحصر بالأبحاث الأساس. ففي المجال النووي تستفيد هيئة الطاقة الذرية الفرنسية CEA بنسبة عالية من تمويل أعمال البحث الأساس ووسائل التجريب الجديدة وكذا الأجهزة التصنعية من قبيل الليزر ميغاجول، كما تستفيد أيضا من هذا التمويل منظمات أخرى للبحث، سواء منها المنضوية تحت إمرة وزارة الدفاع مثل مكتب الدراسات والأبحاث الفضائية الوطني الفرنسي ONERA والمعهد الفرنسي الألماني بسان لويس، أو تلك التي تعمل تحت وصاية مشتركة بين وزارة الدفاع ووزارات أخرى، كما هو شأن مركز الدراسات الفضائية الوطني الفرنسي CNES. وبالإضافة إلى هذه المنظمات، فهناك الأبحاث المنجزة في مختبرات مدارس المهندسين التابعة لوزارة الدفاع.

كما تمول وزارة الدفاع من جهة ثانية – بميزانية قدرها ٣ مليارات فرنك فرنسي – أعمالا للبحث التطبيقي والتكنولوجي حول مواضيع محددة. وتهدف هذه الأعمال المسندة أساسا للصناعيين، إلى استكشاف مقومات القوة العسكرية في مجال التكنولوجيات الجديدة، وجعل الصناعة الدفاعية في مستوى تطوير أجهزة الدفاع التي نحن في حاجة إليها الآن أو التي قد نحتاجها في المستقبل، وذلك باستغلال التكنولوجيات المرتبطة بهذه الأجهزة.

وبشكل إجمالي، فإن الجهود المبذولة سنويا في مجال التمويل لفائدة البحث والتكنولوجيات توازي ما يقارب ١٥% من الاستثمارات التي يستفيد منها تجهيز وزارة الدفاع. وعلى سبيل المقارنة، فإن نسبة هذه الجهود تمثل ثلث مجموع الجهود التي تبذلها دول الاتحاد الأوروبي بأجمعها، لكن هذه النسبة توازي العشر فقط من الميزانية التي يبذلها الأمريكيون وحدهم بهذا الصدد. وإذا أضفنا إلى هذه المصاريف حصة مجالات التنمية الممولة من قِبل برامج التسلح، فإننا سنلاحظ أن الجهود الفرنسية في مجال البحث والتنمية العسكرية ترتفع خلال السنة الحالية إلى ما يناهز ٢٢ مليارا، أي قرابة ٤٠% من الاستثمارات الخاصة بالتجهيزات، وهي أرقام تبين الأهمية التي تحظى بها أعمال البحث والتنمية. ومع ذلك كله، فإن الجهود المبذولة على هذا الصعيد تظل محدودة، إذ تمثل قرابة ١٣% فقط من مجموع الجهود الشاملة التي تبذلها فرنسا في ميدان البحث والتنمية عموما.

خيارات تكنولوجية تقوم على أساس نظرة مستقبلية

واعتبارا لكون إمكاناتنا هذه محدودة، فإن الوضع يستدعي إجراء الخيارات التكنولوجية الملائمة واستغلال جميع التعاضدات الممكنة سواء مع الصناعيين في مجال الدفاع أو مجموعة البحث المدنية أو شركائنا في إطار الاتحاد الأوروربي أو منظمة حلف شمال الأطلسي.

ومن الأكيد أن الخيارات التكنولوجية الجيدة تقوم لزوما على أساس نظرة تستشرف أحوال المستقبل. وهذه النظرة تعد ثمرة لدراسات تحليلية تعرض – استنادا إلى المقارنة والتركيب – تصوراتٍ عن التطورات الجيوستراتيجية الإجرائية والتكنولوجية المحتملة خلال العقود القادمة. وتروم هذه الدراسات تبيُّنَ ظروف التورط وأنواع النزاعات وأشكال القتال المحتمل مواجهتها في المستقبل. وهي تُدمج في إطار تحليلاتها التطوراتِ التكنولوجية التي تحمل طيها فرصا جديدة

وكذا أيضا مخاطر وتهديدات جديدة، وتهدف إلى تحديد القدرات التكنولوجية الأساس اللازمة لسد حاجات المستقبل الإجرائية.

ويستند سداد الرأي في التوجيهات الناتجة عن هذا النوع من الاستقصاء في جزئه الأكبر إلى قدرتنا على استباق الاختلالات التكنولوجية. وبطبيعة الحال، فإن هذه الأخيرة تطال التطورات العلمية والتقنية، كما هو الشأن مثلا في ميدان التكنولوجيات الأحيائية أو الميكانيكا الكهربائية الدقيقة أو الأسلحة ذات الطاقة الموجَّهة، وتمتد لتشمل نشر التكنولوجيات الجديدة، من قبيل إنترنت، على نطاق واسع. كما أن تحليلنا يشمل أيضا استعمال التكنولوجيات المستعملة في وظائف جديدة، مثلما يعبر عنه بوضوح استعمال قنبلة الغرافيت من قبل الأمريكيين خلال حرب كوسوفو لشل إنتاج الكهرباء ومنع توزيعها.

من المفترض أن تنبثق عن هذه الدراسات التحليلية المستقبلية الحاجات الأساس التي ستنير السبيل بدورها أمامنا لتحديد خياراتنا التكنولوجية. وهناك نقط عديدة على سبيل توضيح هذه المحاولة نوجزها في ما يلي:

- تحسين سرعة التدخل وتدبير العمليات العسكرية بشكل أفضل

من اللازم أن نكون قادرين على التدخل في مسرح العمليات قبل أن تتطور الأزمة بشكل لا رجعة فيه، وعلى مباغتة الخصم وسبقه في اتخاذ القرار، وعلى تدبير مجموعة متنوعة ومتشعّبة من الأهداف والتهديدات على مسرح واحد وبشكل تزامني. وتفرض علينا هذه الحاجة إلى رد الفعل والسيطرة على الأحداث المعقدة، صَبَّ اهتمامنا على تكنولوجيات اكتساب المعلومات وعلى تقنيات الاتصالات البعدية ذات الوتيرة العالية.

- أسلحة أكثر نجاعة

ويقتضي البحث في مجالها مضاعفة دقة أجهزة الالتقاط وأنظمة الأسلحة التي يجب أن تتكيف مع طبيعة المرامي المستهدفة تكيفا دقيقا. كما أن الرغبة في

مقاومة الخصم ومواجهته في عمق جهازه، يقتضي مضاعفة نسبة مدى إسقاط القذائف وكذا مدى الأسلحة الأخرى المستعملة، والعمل على ضمان سرية أماكن القواعد.

- ضرورة القدرة على التحكم في درجة العنف لدى استعمال القوة

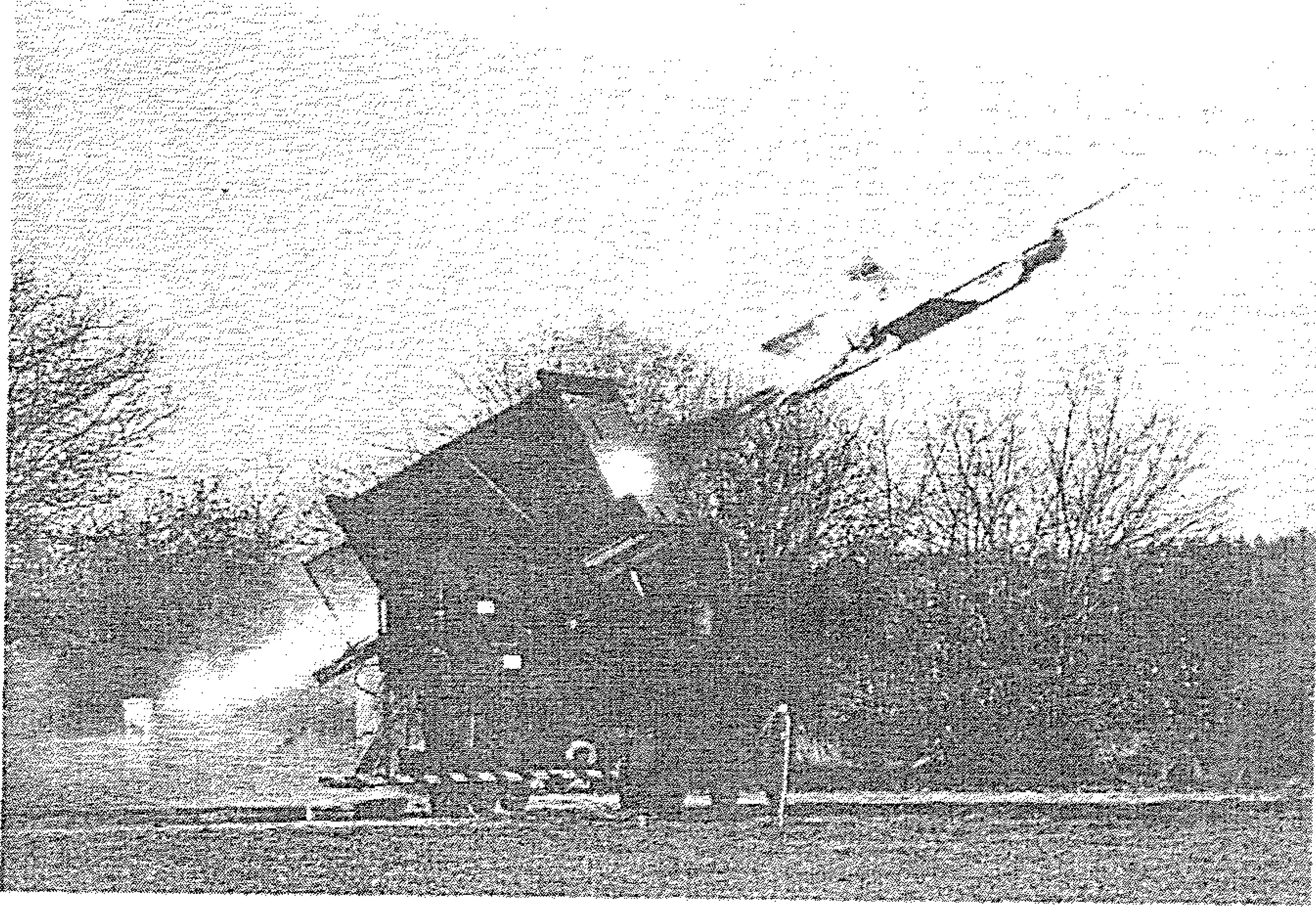
ويقتضي ذلك اللجوء إلى أشكال مرنة من أشكال التدخل العسكري قابلة للانعكاس بشكل سريع. كما يقتضي الحد من الأضرار، خصوصا منها التي تلحق بالسكان المدنيين، والحفاظ على البنيات التحتية وتجنيبها أعمال التدمير، وذلك في أفق انتهاء الأزمة. وتشمل ترسانة الأجهزة اللازمة لتحقيق هذه الأهداف، الحرب الإلكترونية والمعلومياتية والأسلحة ذات الطاقة الموجهة ووسائل شلّ القوى وإبطال القدرات مؤقتا. وهناك سلسلة واسعة من التكنولوجيات التي تستجيب للمتطلبات في هذا المجال.

- إيلاء الأولوية المطلقة لحماية المحارب

يمكن للمحارب - ويتوجب عليه أيضا - أن يكون محميا بتجهيزاته الفردية الخاصة التي أضحت اليوم تُتصور على شكل جهاز تسلح حقيقي، كما أنه يكون محميا بفضل أجهزة دفاع جماعية تنشر لتحميه مثلا من هجمات الصواريخ الباليستية في ساحة المعركة. وينبغي أيضا أن تقوى لديه مقاومة إكراهات القتال - كالتعب والألم والإرهاق النفسي، والظروف المناخية القاسية - كما يجب تقوية طاقات التدخل الطبي في الأماكن والمناطق الوعرة والخطرة، بما في ذلك حين الهجوم بأسلحة بيولوجية أو كيميائية أو إشعاعية. وختاما، فإن التقدم الحاصل في مجال الإنسان الآلي وتطوير الأجهزة المتحكم فيها عن بعد، والتي تجسدها طائرات الاستطلاع الموجهة آليا، يهدف إلى الحد من تعرض المحارب لمخاطر، وكذا إلى تجاوز حدود المقاومة البشرية.

طاقات تكنولوجية تشغَّل في توافق مع الفاعلين الآخرين

لتطوير مختلف هذه القدرات التكنولوجية، نستغل كل التوافقات الممكنة مع الفاعلين الآخرين، سواء منهم العموم أو الخواص أو المنتمين إلى مجال الدفاع أو البحث العلمي.



شكل (٢) عملية إطلاق طائرة تجسس دون طيار

تَوافُقٌ بادئ ذي بدء مع الصناعة الدفاعية، حيث إن أشغالنا تهدف إلى اكتساب التحكم في التكنولوجيات الضرورية لنشر نظام دفاعي أو نوع من التكنولوجيا الممكن استعمالها من قِبل أنماط متعددة من الأجهزة. وتُسند هذه الأشغال أساسا لصناعيين مسؤولين عن إنتاج أنظمة أو تجهيزات دفاعية في مرحلة لاحقة. وهم الذين ينبغي في نهاية المطاف أن يكونوا قادرين على التحكم في الطاقات التكنولوجية.

ثم توافقٌ بعد ذلك مع المجموعة العلمية والتقنية بهدف الاستفادة بشكل أمثل من البحوث المنجزة في المجال المدني، والاقتصار على تطوير تلك التي تخص من بينها المجال العسكري. وينبغي ربط علاقة وطيدة وإقامة حوار ناجع مع كل عناصر مجموعة البحث، لأننا نريد أن نتفاعل مع ظهور كل جديد أو حدوث أي قطيعة تكنولوجية قد تهم مجال الدفاع. ونحرص على إشراك المجموعة العلمية والتقنية في أعمالنا الخاصة بالأبحاث المستقبلية. ويستند تقييم برامجنا وأبحاثنا بشكل واسع إلى شبكات تجمع بين خبرات داخلية وأخرى خارجية بالنسبة إلى الدفاع. ونقيم علاقات مباشرة مع مختبرات البحث، وذلك بتمويل عدد كبير من الأطروحات المقدمة لنيل الدكتوراة، كما نشجع الصناعيين الذين يعملون قصد ضمان التحكم في أعمال البحث والتكنولوجيا الدفاعية، على استغلال الطاقات والكفاءات جميعها التي تتوفر عليها مختبرات البحث الجامعية وكذا مختبرات المركز الوطني للبحث العلمي ومنظمات البحث الأخرى من مثل المقاولات الصغرى والمتوسطة التي غالبا ما تكون طاقاتها الابتكارية متميزة.

وتوافقٌ في الختام مع شركائنا في منظمة حلف شمال الأطلسي وفي أوروبا. ففرنسا لا يمكنها بمفردها أن تتحكم في ألوان طيف علوم الدفاع وتقنياته بأجمعها. وباستثناء ما يتعلق بمسألة السيادة الوطنية، فإن التعاون يفرض نفسه في المجالات الأخرى كما هو الشأن في قضايا الردع مثلا، وذلك قصد استغلال الموارد المحدودة استغلالا أمثل. وهكذا فإن فرنسا تستند إلى دعم شبكة الخبراء العلميين عاليي المستوى، التي أقامتها منظمة حلف شمال الأطلسي لضمان التوافق في الآلات المستعملة وتحضير البنيات المعمارية الهيكلية الخاصة بأنظمة الدفاع الجماعية مستقبلا في إطار الحلف. كما أن فرنسا تمارس نشاطا حيويا في أوروبا أساسا على صعيد بنيات متعددة، ثنائية ومتعددة الأطراف، في مجال البحث الدفاعي. وهي تخصص اليوم ٢٠٪ تقريبا من مواردها لأعمال تعاونية أوروبية مع ألمانيا والمملكة المتحدة أساسا.

نزاعات الغد وجيوش المستقبل(٤)

بقلم جاك لانسكاد

Jacques LANXADE

خلال فترة الحرب الباردة، كان النظام العالمي يتسم بالمواجهة بين الكتلة الغربية والكتلة الشرقية، تحكمه معايير الردع النووي. كانت خمس قوى نووية رسمية، هي أعضاء دائمة في مجلس الأمن تتمتع فيه بحق النقض الشهير، هي التي تشكل مجلسا إداريا أعلى. بيد أن كل شيء كان يخضع للعلاقة الخاصة التي كانت طاقات الردع النووية الموجودة لدى كل منهما تفرضها على القوتين العظميين، الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفياتي، اللتين كانتا تشكلان معا نوعا من السيادة الثنائية. وكان التوازن الاستراتيجي نابعا من جو الرعب الذي كان سائدا آنذاك، ويقوم أساسا على تطبيق معاهدة ABM حول الأسلحة المضادة للأجهزة الباليستية تطبيقا صارما، وكذا على تفعيل اتفاقيات SALT ثم START للحد ثم التخفيض من كميات الأسلحة النووية. وبالفعل، فقد كان لزاما أن لا تتمكن أي من القوتين العظميين من إحراز تفوق مؤقت على الأخرى، الشيء الذي لو حدث لَجَرَّ مخاطر كانت ستتجسد في استغلال ذلك التفوق.

وفي الوقت ذاته كانت كل من الكتلتين تسعى إلى توسيع المنطقة التي كانت تحت إمرتها، فلم يكن هناك شبر من الكرة الأرضية يخرج عن نطاق قواعد الثنائية القطبية.

كان ذلك النظام العالمي جائرا، لكنه كان يعرف استقرارا نسبيا، حيث إن الأزمات والنزاعات كانت تحصر – في نطاقها الجغرافي وعنفها – في حدود، تفاديا لجر القوتين العظميين إلى الدخول في مواجهة مباشرة.

(٤) نص المحاضرة رقم ٢٦٥ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢١ سبتمبر ٢٠٠٠.

وانقضى عهد العالم ثنائي القطبين هذا عام ١٩٨٩ انطلاقا من سقوط جدار برلين (في التاسع من نونبر) ثم انشقاق الاتحاد السوفياتي واندثاره. فكان أن قام نظام عالمي جديد، صارت الولايات المتحدة الأمريكية في ظله قوة عظمى وحيدة سائدة. واستمر مبدأ الردع النووي قائما، لكنه فقد وظيفته التي كانت تتمثل في حفظ التوازن، دون أن يحل محله أي نظام جدير بملء هذه الوظيفة.

وفرض نظام الاقتصاد الليبرالي نفسه، فأصبح يحدد محفزات الفاعلين الدوليين، وبشكل من الأشكال قامت المواجهة الاقتصادية مقام المقاومة الاستراتيجية، لكن دون أن ترث منها وظيفة حفظ التوازن.

وقد زاد من حدة اختلال التوازن في النظام العالمي انتشارُ التطور التكنولوجي، وخصوصا ما تعلق بالتقدم الحاصل في ميدان الإعلام، مما جعل ظاهرة العولمة تؤثر في مجموع الأنشطة على الصعيد العالمي. وأضحت مختلف مناطق العالم اليوم مرتبطة بعضُها ببعضٍ ارتباطا وثيقا، حيث إن اندلاع أزمة في جهة من الجهات تنتج عنه آثار مباشرة آنية في باقي جهات المعمور.

إن مهمة ضبط التوازن السياسي في النظام العالمي الجديد ينبغي أن تنبثق عن الأمم المتحدة، بصفتها المتصرف باسم المجموعة الدولية. وقد اجتهدت فرنسا منذ ١٩٨٩ في إسناد دورٍ أساسٍ لمجلس الأمن في مسألة تدبير السلام، وواجهت في سبيل ذلك تعنت القوى العظمى، خصوصا منها الولايات المتحدة، التي لم تكن تستسيغ أن تجعل سياستها تحت إمرة منظمة محتاجة في نظرها إلى إصلاح.

أما فيما يخص ضبط التوازن الاقتصادي، وهي المسؤولية التي تؤول إلى مؤسسات Bretton Woods التي انضافت إليها مجموعة السبعة أو مجموعة الثمانية، فإنه أعطى الانطباع لمدة طويلة أنه غير ناجع وأنه كان من اللازم انتظار حدوث أزمات اقتصادية في آسيا لتهب رياح التحول على الوضعية.

وقد نتجت عن اختلال التوازن ذاك تبعات ذات شأن، إذ إنه شجع على انتشار قلاقل تولد عدم الاستقرار ومخاطر جديدة عبر العالم.

وتكاثرت الأزمات الناجمة عن النزاعات بين الدول والمجموعات العرقية أو الدينية. ولما فقدت المناطق الأكثر فقرا في العالم أهميتها الاستراتيجية، فإنها لم تعد تستفيد من أية برامج سياسية واقتصادية، فسقطت بذلك في براثن سوء النمو المتزايد. ووجد الإرهاب وانتشار المخدرات وعصابات الشر والإجرام في هذا العالم غير المستقر مرتعا خصبا، ففشت فيه كل أشكال الانحراف.

لكن وعلى حين كانت تباشير الأمل تلوح عام ١٩٨٩ بقيام عالم تسوس شؤونه المجموعة الدولية في اتجاه السلم والنمو، انقلبت الأمور فجأة وكأننا عدنا إلى منطق الصراع من أجل المصالح، وإلى لعبة موازين القوى. بيد أنه من الممكن استشعار نظرة أكثر تفاؤلا فيما يخص تطور العالم، فنقول إننا نعيش مرحلة انتقالية سوف تقودنا إلى نظام عالمي جديد. لكن لا بد لكي يصبح ذلك حقيقة ملموسة من إيجاد الوسائل الكفيلة بضمان توازن سياسي واقتصادي من قبل المجموعة الدولية، أي من قبل مجموعة من المؤسسات تكون على رأسها فعليا الأمم المتحدة. ذلك أنه ليس من المؤكد أن عالما تتوالى تدبير شؤونه رابطة من بضعة قوى عظمى هي دول مجموعة الثمانية، يمكن أن ينعم بالاستقرار ما لم تتخذ التدابير اللازمة لضم أعضاء المجموعة الدولية كافة إلى هذه الرابطة.

أشكال النزاعات

ما هي أشكال النزاعات التي يمكن أن يشهدها العالم في المستقبل؟

كان Clausewitz يميز بين الحروب الشاملة والحروب المحدودة. لكنه كان يفكر في المواجهة بين الدول، والسلاح النووي لم يكن يومذاك موجودا. أما اليوم فإن تعدد النزاعات وأشكالها التي تتعقد أكثر فأكثر، وكذا طابع الأزمات الداخلي، كلها عوامل تقتضي إجراء تصنيف من نوع آخر، إذ هناك النزاع النووي، والنزاع ذو النمط التقليدي، أي الحرب بين دول باستعمال وسائل تقليدية، كما أن هناك أزمات داخلية تندلع في حدود الدولة الواحدة.

وقد ظل النزاع النووي محتملا طول مدة الحرب الباردة.

وبانتهاء المواجهة بين الكتلتين تغير هذا الاحتمال، إذ حل محل المواجهة إقامة تعاون مع روسيا العازمة على ربط علاقة قائمة على السلم والتنمية بينها وبين بقية بلدان العالم. ولئن كانت الأسلحة النووية ما انفكت موجودة، فإن خيار الردع، اليوم على الأقل، قد بات خيارا ضمنيا لا واقعا ملموسا. بيد أن هذه الوضعية طفقت تتغير لسببين:

أما أولهما، فكون الأمريكيين قد طوروا نظاما دفاعيا مضادا للصواريخ مجسدا في ما يعرف باسم National Missile Défense (NMD)، وهي مؤسسة من مخلفات حرب النجوم التي كانت تهدف إلى حماية التراب الأمريكي من أي هجوم نووي محتمل، وهو مشروع يثير تساؤلات عديدة. فهل هناك فعلا تهديد حقيقي؟ وإذا كان الأمر كذلك، فهل من وسائل أخرى للوقاية من هذا الهجوم؟ وأخيرا، ألا يكون خطر العودة من جديد إلى إحياء فكرة السباق نحو التسلح ذا عواقب وخيمة بالمقارنة مع ما يمكن ربحه من امتيازات في حال العمل في صمت على التزود بجهاز وقائي ناجع؟ ذاك ما يقض مضجع روسيا التي تذكر بتشبثها بمعاهدة ABM. في حين أن الصين، التي لا تزال قواها النووية محدودة نسبيا، قد تشجع على تطوير ترسانتها الإستراتيجية.

– أما ثاني السببين اللذين يسهمان في تغيير آفاق مبدأ الردع، فهو وصول بلدان أخرى غير القوى الخمس المعترف لها بذلك إلى امتلاك القوة النووية. ونذكر من بين هذه البلدان الهند وباكستان.

يقوم مبدأ الردع النووي، كما نتصوره، على تحليل كل من الدول النووية نقط ضعفها بالنسبة إلى الأخرى تحليلا منطقيا. بيد أنه من المؤكد أن هذا التحليل المنطقي ليس هو السائد بين الهند وباكستان. ذلك أن هاتين القوتين قد اندرجتا في حرب مقنعة جُنّد فيها الرأي العام في كلا البلدين. فلو اتفق أن تطورت المواجهات التقليدية بشكل يجعل أحد الجانبين يرى أن مصالحه الحيوية مهددة، فقد لا يكون

من المؤكد آنذاك القدرة على ضبط مسار العنف ولا على تفادي الانتقال من فكـرة الحرب المحتملة إلى الحرب الواقعية. فهناك إذن خطر جاد ينذر بنشـوب حـرب نووية في آسيا، قد تكون حربا محدودة، لكن عواقبها قد تكون فادحة بالنسبة إلـى عدد كبير من مناطق العالم، إضافة إلى أن هذه الحرب لو حـدثت سـتميط عـن الموضوع النووي الهالة التي تحيط به.

أما النوع الثاني من أشكال النزاع، فهو المتجسد في الحروب التقليدية التـي تندلع بين الدول. وخير مثال في ذلك نذكر غزو الكويت من قبل الجيش العراقـي، وكذا الحرب بين إثيوبيا وإريتيريا. ذلك أنه بنهاية مرحلة الثنائية القطبية، سـقطت الاعتبارات التي كانت تعطي لمبدأ حفظ التوازن بين الكتلتين ثقله المؤثر، مما فسح المجال أمام انتشار النزاعات الجهوية.

بيد أن تطور المؤسسات الدولية منح في الوقت ذاته المجموعة الدولية مزيدا من الوسائل للحد من اللجوء إلى القوة في حل النزاعات والقضاء على المواجهـات بقبول التحكيم أو الوساطة.

وأما النوع الثالث من أنواع النزاعات، فيتمثل في الأزمات التي تندلع داخل الدول بشكل يتضاعف عاما بعد عام. وهي أزمات تنشأ عن مواجهات عرقيـة أو دينية أو ثقافية، غالبا ما تجد في سوء النمو مرتعا خصبا لظهورها وتطورها. ومما يساعد على ظهور هذه الأزمات نذكر موقف اللامبالاة الذي تتخذه القوى العظمـى عندما يتعلق الأمر بمناطق لم تعد تتمتع بأهمية استراتيجية تذكر وأصبحت أهميتها الاقتصادية في نطاق النظام الليبرالي السائد اليوم محدودة، ومن جراء ذلك انتشـر سوء النمو في هذه المناطق، مما يساعد على زعزعة الاستقرار داخل الدول. وتعد بلدان أفريقيا جنوب الصحراء هي المنطقة الأكثر إصابة بهذه الظاهرة.

ويبقى انهيار الاتحاد السوفياتي وسقوط الكتلة الشيوعية سببا آخر في تفشـي هذه الأزمات الداخلية، إذ أضحت مناطق القوقاز وآسيا الوسطى والبلقـان ميـادين نشبت فيها مواجهات متعددة.

تجد المجموعة الدولية نفسها في مواجهة وضعية عالم من هذا القبيل تتسم بانعدام الاستقرار. ويتوجب عليها الآن أن تدبر شؤون هذه المرحلة الانتقالية نحو نظام عالمي جديد. فإلى المجموعة الدولية بأكملها لا إلى القوى العظمى وحدها تؤول مسؤولية خلق الشروط اللازمة لتحقيق الاستقرار والسلم وتشجيع التنمية، إذ يتحتم على منظمة الأمم المتحدة وكذا على المنظمات الجهوية من قبيل منظمة الأمن والتعاون الأوروبية (OSCE) ومنظمة الوحدة الأفريقية، أن تتولى دور الفاعلين الأساس في الحفاظ على السلم.

ومن منظور القانون الدولي فإن صلاحية منظمة الأمم المتحدة معترف بها اعترافا واضحا في حال النزاعات ما بين الدول، وتخول مختلف بنود ذلك القانون لمجلس الأمن سلطة تطبيق مقتضياته، في حين أن الأمر يختلف في حال الأزمات الداخلية. وهنا تطرح مسألة التدخل في الشؤون الداخلية. فعندما تكون حقوق الإنسان داخل دولة من الدول منتهكة أو تتعرض أقلية من السكان فيها لاعتداءات، فليس هناك حتى اليوم أية صلاحيات لمجلس الأمن في التدخل لرفع الحيف عن هذه الأقليات.

بيد أنه بفعل الضغط الذي ما فتئ الرأي العام يمارسه، قد تحقق تقدم ملموس فيما يخص هذه المسألة، منذ انتهاء الحرب الباردة، كما يدل على ذلك بوضوح ما وقع من تدخل ضد العراق لفائدة الأكراد ثم الشيعة بعد حرب الخليج، ومن تدخل في الصومال، وكذا مختلف العمليات في يوغوسلافيا سابقا. ومع ذلك فيبقى من اللازم العمل على اكتمال بنود القانون الدولي في هذا المجال، وذلك بالسير على منوال بادرة إنشاء المحاكم الدولية. ومهما يكن من أمر، فإلى مجلس الأمن تؤول مهمة الإقرار بمشروعية تدخل مّا، سواء أكان ذلك من أجل إعادة الاعتبار للقانون الدولي في حال انتهاكه من قبل دولة من الدول، أم كان بهدف إيجاد حل لأزمة داخلية في منطقة من مناطق العالم. ثم إنه من الممكن أيضا اللجوء إلى استصدار

قرار محدد يسمح بالتدخل العسكري الصرف لقوات الأمم المتحدة أو قوات منظمة دولية لها القدرة العسكرية اللازمة لذلك كمنظمة حلف شمال الأطلسي، أو قوات تحالف خاص أُقيم لأجل غرض محدد. ويكون التدخل من هذا القبيل في أغلب الحالات مندرجا تحت المظلة الدولية.

- أساليب التدخل

يمكن الحديث عن أساليب ثلاثة للتدخل كما سبق تطبيقها مرارا لإعادة السلام والحفاظ عليه، وكما ينبغي الاستمرار في تفعيلها مستقبلا كلما دعت الضرورة إلى ذلك.

أول هذه الأساليب هو الإكراه باستعمال قوة الردع الجوية، لحمل الأطراف المتنازعة على إيقاف المواجهة وإلا عرضت نفسها لضربات السلاح الجوي أو قذفات الصواريخ الموجهة. وكان ذلك هو الأسلوب الذي استعمل خلال حرب الخليج ضد العراق، وإلى عهد قريب ضد صربيا في كوسوفو. وهو أسلوب يتيح استغلال التفوق التكنولوجي في أقصى إمكاناته، مع الحد من المخاطر والتقليل من الخسائر.

وعلى الصعيد السياسي فإن تطبيق هذا الأسلوب يعد رهانا يستهدف التأثير على سلوك المتنازعين. وإذا آتت عملية الردع ثمارها، فإن الرهان يكون رابحا. لكن الخطر يظل قائما أن يختار أحد الطرفين، وهو أمام قرار ينذره لمهلة محددة، خيار الحرب. آنذاك فإن العنف يولد عنفا ويصبح السكان المدنيون هم الضحايا أساسا، كما تجلى ذلك واضحا خلال أزمة كوسوفو.

وهناك طريقة أخرى ثانية للتدخل هي الفصل بين المتحاربين لوقف إطلاق النار وإعادة الاستقرار، وهي مهمة تتولاها القوات الدولية. وقد استعملت هذه الطريقة مرارا في كرواتيا والبوسنة. وعندما تطبق هذه الطريقة باتفاق مع الأطراف المعنية، فإنها تنطوي على امتياز سياسي يتجسد في إتاحة التدخل بشكل

فعّال في الأزمة، لكنها عسكريا تنطوي أيضا على خطر جاد إذا حدث أن تراجع أحد الطرفين في وقت من الأوقات عن تطبيق الاتفاقيات التي سبق أن وقع عليها.

أما الأسلوب الثالث، فهو احتلال الميدان من قبل القوات الدولية، وذلك إما باتفاق مع المتنازعين أو عكس ذلك باستعمال القوة. ويكون الهدف من هذا التدخل هو مراقبة المنطقة المحتلة لنشر الأمن فيها سواء داخليا أم في علاقاتها مع الخارج.

ومهما يكن من أمر، فإن احتلال الميدان ضرورة لازمة بعد القيام بحملة جوية، وذلك لتجسيد نتائج الحملة على أرض الواقع وإتاحة تطبيق حيثيات الحل الدائم.

بيد أن أسلوب التدخل هذا يستتبع مباشرة بروز مسألة الحفاظ على الأمن العمومي، أي إرساء دعائم سلطة قضائية لتطبيق القانون وأجهزة أمنية لحمل السكان على احترامه.

وينبغي في الختام التشديد على أن مهمة إعادة النظام الموكلة إلى القوات المسلحة، إنما هي الشرط اللازم للشروع في مسلسل الحل الدائم الذي يبقى رهينا بالعمل السياسي والاقتصادي.

تطور أصناف القوات المسلحة

إن على المسؤولين السياسيين في كل دولة تقدير درجة المخاطر التي تهدد البلاد وتقييم حجم المساعدات الخارجية التي يمكن الاستفادة منها. كما أن عليهم في الأخير تحديد السياسة الدفاعية وفق خيارات سياستها الخارجية.

ليس من اليسير إذن تصنيفُ مختلف أنواع القوات المسلحة التي يمكن أن تنشأ في المستقبل، لكن من الممكن تحديد توجهات التطور الكبرى في هذا الشأن.

وأولى هذه التوجهات هي البحث عن تحقيق تقدم فيما يخص جودة القوات، وذلك على حساب حجمها، وهو توجه نتج عن ظاهرة التطور المتصاعد في مجال الأسلحة، حيث إن التعقيد الذي تتسم به الوسائل المستعملة أصبح سمة تتضاعف يوما عن يوم بشكل صارخ.

أما المنحى الثاني فمؤداه أن العمليات العسكرية تَنْزَع أكثر فأكثر إلى إشراك مختلف أنواع القوات مع تنسيق عملياتها المختلفة. وهكذا فإن العمليات لم تعد تُشغّل فيها أسلحة مختلفة فحسب، كالجمع مثلا بين المدرعات وأسلحة المشاة في ساحة المعركة، بل أضحت أيضا تجمع بين مختلف القوات، البحرية منها والجوية والبرية.

أما النزعة الثالثة، فهي الانتقال من وضعية قوات الجندية إلى وضعية القوات الاحترافية، وهو توجه يجد مبرراته في اعتبارين اثنين.

أما أولهما فتغيير طبيعة التهديدات التي أضحت في أوروبا على وجه الخصوص تستلزم الانتقال من مفهوم الدفاع إلى مفهوم الأمن. ذلك أن القوات العسكرية في الدول العظمى أصبحت اليوم مطالبة بالإسهام في تدبير الأزمات أكثر مما هي مطالبة بصد أي تهديد مباشر موجه ضد التراب الوطني.

وأما ثانيهما فطابع التعقيد المتصاعد الذي أضحت أنواع الأسلحة تتّسم به، والذي يصعب استيفاء ما يستلزمه من تعليم وتدريب خلال مرحلة الخدمة العسكرية التي تراوح مدتها عموما سنة أو أقل من سنة.

من الأكيد أن الخدمة العسكرية تتيح للقوات أن تضم إلى صفوفها عناصر ذات تكوين مسبق، من مثل خبراء الإعلاميات والمختصين في المجالات العلمية الأخرى. غير أن التكوين والتدريب الضروريين يستلزمان عموما مدة طويلة ومصاريف باهظة لا يمكن الوفاء بها لفائدة مجندين لا يمكثون تحت لواء الجندية سوى مدة قصيرة، ولا يمكن عمليا الاعتماد عليهم للقيام بعمليات خارجية.

وإذا كان هذا التغيير البالغ في طبيعة القوات المسلحة يجد ما يبرره من الوجهة الإجرائية، فإنه من جهة أخرى يتضمن مؤكدا سلبيات ذات شأن، حيث يؤدي على وجه الخصوص إلى تعطيل وسيلة من وسائل الإدماج الاجتماعي، في وقت تشهد فيه ظاهرة الهجرة السكانية نسبيا ارتفاعا مهما.

وهناك توجه أخير يتجسد في تنامي الانشغال بإيلاء أهمية قصوى لتخفيض حجم الخسائر البشرية. فقد شرع مفهوم "لا ضحايا في صفوف القوات" الذي شاع في الولايات المتحدة بفعل الحرب في فييتنام خصوصا، شرع ينتشر بشكل جدي في الأوساط الأوروبية. وبات المسؤولون السياسيون على وعي بهذه القاعدة الإجبارية الجديدة التي صارت تلقي بظلالها عندما لا تكون العمليات مرتبطة بمسألة الدفاع عن التراب الوطني، ولذلك فإنهم يميلون إلى اختيار أساليب التدخل الإجرائية التي توظف التفوق التكنولوجي، لبسط القوة بمواجهة أقل ما يمكن من المخاطر.

وإذا ما أمعنا النظر الآن لتبين القدرات اللازمة لتكوين قوة عسكرية حديثة، أي قوة تستجيب لتطور المفاهيم الإجرائية ودرجة التقدم التكنولوجي، فيمكن التمييز بين نوعين من الطاقات:

- الطاقات الكلاسيكية، وهي التي تتيح القيام بمعركة برية أو بحرية أو جوية. وهي طاقات تمتلكها دول العالم جميعها، وإن بمستويات مختلفة.
- والطاقات العامة، وهي التي تمتلكها القوى الدولية أو الجهوية، وتغطي مجالات أوسع بكثير بدءا بالردع النووي إلى إنزال القوات بعيدا عن التراب الوطني، وتسمى أحيانا بمُضاعف القوات.

ويبقى الانسجام الحاصل بفعل التوفيق والموازنة بين الطاقات الكلاسيكية والطاقات العامة هو ما يحدد جودة نظام قوات معين.

بيد أن امتلاك قوة عسكرية حديثة وناجعة ليس رهينا بتكديس الوسائل، بل لا بد أيضا من وجود رجال مكوَّنين ومدرَّبين على تشغيل الأجهزة المعقدة. كما أن

من اللازم كذلك أن تتضافر جهود المسؤولين في الدولة، من سياسيين ودبلوماسيين وعسكريين، للعمل بنظام على إعداد تصور دفاعي ثـم تفعيـل مسلسـل القـرار السياسي العسكري الذي يستند إليه تدبير العمليات العسكرية الفعلية.

وأخيرا فمن اللازم أن يوجد في إطار القوات ذاتها نظام قيادة إجرائية قادرة على تشكيل مجموعات من القوات تُسند إليها مسؤولية تنفيذ المهمات.

وبالنسبة إلى فرنسا، فإن رئيس الجمهورية يحضّر قراره في إطار مجـالس وزارية محدودة العناصر يشارك فيها كل من الوزير الأول ووزير الدفاع ووزيـر الشؤون الخارجية ورئيس أركان الحرب العامة. وتعقد اجتماعات المجلس هذا وفق وتيرة تمليها الوضعية الدولية وتحضّر لها خلية لتدبير الأزمات تشـتغل بـوزارة الشؤون الخارجية، يشارك في أعمالها الوزراء المعنيون بالأزمة التي تكون قائمة.

وهكذا يتحقق انسجام القرارات السياسية العسكرية، إذ إن بإمكـان رئـيس الدولة، بصفته رئيسا للقوات، أن يصدر تعليماته لرئيس أركـان الحـرب العامـة بحضور الوزير الأول وأعضاء الحكومة.

ثم بعد ذلك يقود رئيس أركان الحرب العامة تـدبير العمليـات العسـكرية انطلاقا من مركز الإشراف على عمليات مختلف القوات، الذي منه تراقب سلسـلة إجراء العمليات من بدايتها إلى حين اشتباك القوات في الميدان مع الخصم.

فما هي إذن الطاقات العامة التي تكتسي أهمية خاصة؟

تتجسد أولى تلك الطاقات في جهاز لجمع المعلومات، وهو أمر يكتسي بـالغ الأهمية، لأن الإحاطة بحيثيات الوضعية هو عماد العمليات جميعهـا. ويمكـن أن يوظف هذا الجهاز محطة للمراقبة البصرية ورادارات ومحطات للتنصّت وطائرات وأجهزة استطلاع، كما يمكن أن يوظف على الساحة جهازا اسـتخباراتيا بشـريا، وهي جميعها وسائل تكمل بعضها بعضا.

ثم ينبغي بعد ذلك معالجة المعلومات وإيصالها إلى المعنيين بالأمر في سلم العمليات الإجرائية.

تعد الولايات المتحدة وروسيا الدولتين الوحيدتين اللتين تمتلكان اليوم جهازا شاملا من هذا النوع. أما فرنسا وأوروبا على وجه العموم، فقد قررت بدورها أن تعمل على اكتساب الوسائل اللازمة لبناء نظام من هذا القبيل، حيث سيمتلك الاتحاد الأوروبي تدريجيا جهازه الاستخباراتي الخاص، وذلك ضروري لتدبير الأزمات بكل استقلالية.

أما الطاقة العامة الثانية، فتتجسد في القيادة وفي تطابق مجموع الأجهزة المعلومياتية التي توظفها مختلف القوات، وكذا وسائل الاتصال التي تربطها بعضا ببعض. ذلك أن امتلاك جهاز قيادة يضمن تحقيق تواصل جيد ما بين رئاسات أركان الحرب والقوات بمختلف فئاتها حتى أدنى مرتبة في سلم العمليات، عنصر أكيد من عناصر الفعالية والنجاح. غير أن من اللازم أيضا ربط الاتصال بين هذا الجهاز وأجهزة الدول الأخرى التي تشاركها التدخل في عملية معينة.

وتتجسد الطاقة الثالثة في إمكانات الردع النووي.
ولن أطيل الحديث عنها لأنها معروفة لدى الجميع.

وتعد القدرة على توجيه ضربات دقيقة من مسافة بعيدة، طاقة عامة رابعة. وتلك مهمة توكل اليوم إلى الصواريخ الموجَّهة التي يناهز مداها الألف كيلومتر، والتي تطلقها السفن البحرية أو الطائرات.

ويستلزم تشغيل هذه الصواريخ امتلاك جهاز حقيقي ينطلق من ملاحظة الأهداف حتى عملية التوجيه. أما قرار تنفيذ الضربات، فهو من اختصاص أعلى سلطة في الدولة أو التحالف الذي يقود العمليات، في حين يعد اختيار الأهداف مسؤولية سياسية، لا تخولها السلطات المعنية لقائد عمليات في الميدان.

أما الطاقة العامة الأخيرة، فهي القدرة على حماية القوات عن بعد. وتتجسد في التمكين من بسط قواعد وطنية على مسافة بعيدة وبسرعة فائقة، لنشر

مجموعات مهمة مع القوات مع ضمان حمايتها وإمدادها بالسند اللوجيستي اللازم.

وفيما يخص الوسائل التي يتطلبها ذلك فيمكن تلخيصها في مجموعة من طائرات النقل والمروحيات الثقيلة والسفن القادرة على نقل العناصر البرية والمروحيات المقاتلة. ويجب أن تكون حماية القوات المنتشرة مضمونة، كما يجب أن تتوفر القدرةُ على صد أي تهديد بالصواريخ الباليستية ذات المدى القصير أو المتوسط، كصواريخ سكود التي استعملها العراقيون على سبيل المثال.

ومن شأن هذه الطاقات العامة، إذا ما تحقق توظيفها في انسجام مع الطاقات الكلاسيكية المعهودة، أن تحدد مستقبلا مستوى القوات العسكرية الحقيقي.

أما الطاقات الكلاسيكية فتحددها كل من القوات الثلاث.

ومن وجهة نظر تصورية فإن المجال الجوي الأرضي هو الذي سيكون – في أدنى الأحوال ظاهريا – أقل تأثرا بنتائج التحولات التكنولوجية، إذ استفاد إلى يومنا هذا من الجهود المستمرة الرامية إلى تحديث الوسائل المستعملة فيه. ويبقى الهدف المنشود فيما يخص هذا المجال الحيوي هو التمكن من مراقبته حتى لا يخترقه عنصر غير مرغوب فيه.

أما فيما يخص المجال الجوي الوطني، فإن أجهزة الدفاع تقوم على أساس التنسيق بين الرادارات القائمة على رصد العناصر الغريبة، وبين الطائرات المختصة في الدفاع الجوي وبطاريات الصواريخ، تعضدها جميعا المدفعية المضادة للطائرات. وعلى العكس من ذلك، فمتى كان الأمر يتعلق بالسيطرة على المجال الجوي لدى الخصم فينبغي:

– تدمير البنية التحتية المكونة من الرادارات ووسائل الاتصال، قصد تعطيل أجهزة الدفاع الجوي لدى الخصم. ويمكن إنجاز هذه المهمة باستعمال الصواريخ الموجهة، وذلك في مرحلة أولى، يتبعها هجوم بالطائرات التي ستكون سرعة تسللها ودقة ضرباتها هي المميزات الأساس التي ستحدد جودتها مستقبلا.

- تدمير طيران الدفاع الجوي لدى الخصم بمهاجمته على الأرض إذا كان ذلك ممكنا، ثم استدراجه بعد ذلك جويا ومهاجمته بطائرات الدفاع الجوي توجهها طائرات الرادار الضخمة المعروفة باسم "أواكس".

وعلى عكس المجال الجوي، فإن المجال البري هو الذي سيشهد مستقبلا إنجازات متطورة تتحقق فيه وتجسد تقدما باهرا.

وأول أوجه هذا التقدم سيكون هو القدرة - استنادا إلى التنسيق بين وسائل مختلفة - على تحديد وضعية القوات على الساحة، وذلك في وقت وجيز ومحدد. أما عملية استكشاف وجود الخصم فسوف تتولاها تدريجيا الطائرات والمروحيات والطائرات الاستطلاعية الموجهة آليا والمزودة بالرادارات التي تستعمل تقنيات متطورة من قبيل "مفعول دوبلر effet doppler" تمكن من تحديد هوية الأشياء المتحركة وموضعها. كما ستوظف تقنيات تجميع المعلومات ونقلها رقميا إلى القوات على الساحة.

واستنادا إلى معرفة الوضعية هذه، يتجلى التقدم والتطور في بعد آخر تجسده قدرة أجهزة الأسلحة التي توظف في هذا المجال - أي أسلحة المشاة والمدرعات والمدفعية والمروحيات - قدرتها على التدخل ليلا أو في ظروف مناخية قاسية. ذلك أن هذه القدرة المستديمة ليلا ونهارا وكيفما كانت الظروف الجوية، والتي تعد من انكفاءات المحصلة بشكل واسع، من شأنها أن تحدث في المستقبل أثرا بالغا في وضعية المواجهات البرية التي قد تدور رحاها بشكل مستمر بمجرد أن تندلع نارها.

أما ثالث مجال يتجلى فيه التقدم فهو ما يخص مدى قذفات الصواريخ الهجومية ودقتها، سواء منها المستعملة من قبل القوات البرية أو تلك التي تطلقها المروحيات المسلحة أو الطائرات الهجومية المساندة للقوات البرية.

كما أن الجنود المشاة بدورهم سوف يكونون مزودين بمجموعة من الوسائل المساعدة عل التموقع والرؤية ليلا ونهارا وكيفما كانت الظروف الجوية، مما سيحسّن في الوقت ذاته ظروفهم الأمنية وكذا نسبة فعاليتهم ومردوديتهم.

بيد أن القتال في المجال البري يبقى مع ذلك كله رهينا بالمزايا الفردية التي يتميز بها المقاتل. ذلك أنه على الرغم من التطورات التكنولوجية، سيظل الإنسان صاحب الدور الأساس في العمليات البرية. وهكذا فإن بإمكان جماعة من الأنصار تتحرك بسرعة فائقة على أراضيها مزودة بأسلحة خفيفة، أن تسبب مشاكل عديدة لقوات برية مسلحة بأحدث الآلات والتقنيات. والشيء نفسه يصدق على حرب الشوارع التي تقلص إلى حد كبير من الامتياز الذي تمنحه الوسائل التكنولوجية.

يبقى هناك مجال ثالث يستدعي النظر فيه وهو المجال البحري، الذي ينقسم بدوره إلى قسمين حسب وجود مسرح العمليات على سطح الماء أو في الأعماق.

ويتميز المجال البحري الممتد تحت الماء بكون موجات الرادار لا تخترقه، وبأن موجات الراديو منخفضة التردد هي وحدها التي يمكن التقاطها فيه في حدود عمق لا يتعدى بضعة أمتار. وبذلك يكون هذا المجال مجالا للموجات الصوتية أو فوق الصوتية. ولهذا السبب فإن الغواصات التي تعمل في هذا الميدان تتوخى أن تكون خافتة الصوت قدر المستطاع في حركاتها حتى لا تكتشف وجودها أجهزة التصنّت المعادية. وسيكون بإمكان الغواصات في المستقبل، سواء منها المزودة بقوة دافعة كلاسيكية أم العاملة بالطاقة النووية، أن تصدر أثناء سرعتها الدنيا صوتا أخفَضَ من صوت المجال المحيط بها في البحر.

وقد يبدو التحكم في المجال الممتد تحت مياه البحر في مناطق معيّنة ضروريا لضمان إبحار القوات وكذا حركة الملاحة التجارية في ظروف آمنة، مما يستلزم نشر مجموعة من الوسائل القادرة على مطاردة الغواصات. وتتمثل هذه الوسائل في الطائرات الطوافة والمروحيات المزودة بأجهزة السونار و السفن الحربية والغواصات الهجومية.

أما بالنسبة للمجال الممتد فوق سطح البحر، فإن الوضعية تختلف اختلافا تاما. ذلك أن السيطرة على المجال الجوي فوق البحر يستلزم تقنيات مماثلة لتلك التي تستعمل فوق الأرض. وتقوم حاملات الطائرات التي تنطلق منها المقاتلات

الهجومية أو الدفاعية والمروحيات، بمساندة القواعد الجوية المنشأة في البر، أو بتعويضها عند الاقتضاء.

أما فيما يخص المجالات البحرية التي توجد خارج المياه الإقليمية الخاصة بكل دولة، فإن الوضعية القانونية التي تنطبق على أعالي البحار تجعل منها مجالا قابلا للاستعمال الحر، وهو ما يتيح نشر السفن الحربية فيها قصد مساندة العمليات التي قد تجري على اليابسة، وذلك عبر إطلاق صواريخ موجهة عابرة، وتشغيل الطائرات المحمولة، أو إنزال قوات برية توصلها إليها سفن النقل البحري.

وتمثل حاملات الطائرات العنصر الأساس من بين الوسائل التي تحدد مستوى قوة بحرية ذات طاقة محيطية، خصوصا منها الحاملات من نوع قاذفات الطائرات وراجمات الصواريخ، وهو نوع لا تمتلكه اليوم سوى القوات البحرية الأمريكية والروسية والفرنسية. وتتيح هذه الحاملات استعمال طائرات قتالية ذات قدرات عالية توازي قدرات الطائرات التي تستعمل انطلاقا من القواعد الأرضية.

خاتمة

إننا نعيش مرحلة انتقالية تمضي بنا نحو نظام عالمي جديد، فيما ظروف الوضعية العالمية ما انفكت متقلبة لا تعرف الاستقرار، بل تهدد بالخطر المحدق؛ لذلك وجبت اليقظة وتعين أخذ جانب الحذر.

إن للإتحاد الأوروبي دورا أساسا من شأنه أن يؤديه حتى يكون النظام الجديد الذي سيقام في العالم نظام سلم واستقرار ونمو تدبر المجموعة الدولية شؤونه وتسهر بالفعل على حسن سير الأمور فيه. لذلك فإن تفعيل سياسة خارجية مشتركة، وكذا امتلاك قدرة حقيقية على تدبير الأزمات باستقلالية، تعد من الأهداف بالغة الأهمية، التي سيتعين في المستقبل تخصيص المزيد من الوسائل لتحقيقها.

الباب الخامس

اكتشاف الفضاء: رهاناتُ مغامرة

صواريخ إطلاق المركبات الفضائية[١]

بقلم هوبير كوريان
Hubert CURIEN

لقد كان إطلاق صاروخ Spoutnik I في الرابع من أكتوبر عام ١٩٥٧ نصرا علميا وتقنيا باهرا وحدثا سياسيا خطيرا في آن معا. فالروس والأمريكيون كانوا كما نعلم يخوضون غمار الحرب الباردة، مما جعل نجاح السوفيتيين في وضع أول قمر صناعي في المدار يتخذ في أعين الأمريكيين شكل رجة سياسية عنيفة. أجل، لا مراء في أنهم هم أيضا كانوا قريبين من تحقيق الهدف نفسه، بدليل أنهم بعد أقل من أربعة أشهر على ذلك، أي في ٣١ يناير من عام ١٩٥٨، تمكنوا من إرسال قمر Explorer I، أول الأقمار الاصطناعية الأمريكية. لكن السوفييتيين كانوا بالنسبة إلى العالم كله قد حققوا نصرا كبيرا في مجال تقني لا تخفى أهمية التطبيقات العسكرية التي يمكن أن تنبثق عنه.

حسمت إذن مسألة السبق إلى إطلاق أول قمر صناعي، فتطلعت الأبصار إلى من سينجح في وضع أول إنسان في مدار فضائي. هنا أيضا حاز السوفييت قصب الرهان بإرسالهم رائدهم الشهير Youri Gagarine ليدور حول الأرض في ١٢ أبريل من عام ١٩٦١، متقدما بنحو عام كامل على الرائد الأمريكي John Glenn، الذي لن يقوم بجولته الفضائية القصيرة إلا في ٢٠ فبراير من العام الموالي. وبذلك أقام السوفييت الدليل مرتين على مقدرتهم التقنية، إذ برهنوا على تفوق باهر في ميدان ليس من السهل ولوجه ولا المقارعة فيه.

---

(١) نص المحاضرة رقم ٢٦٦ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٢ سبتمبر ٢٠٠٠.

كان لا بد لأمريكا من انتقام لكرامتها الجريح، وهو ما اجتهدت فيه وجدّت، فتحقق لها ما أرادت، إذ كانت أول رحلة مأهولة تحط على سطح القمر رحلة Apollo 11 الأمريكية، التي نزل رائدان من طاقمها على ظهره في ٢١ يوليو من عام ١٩٦٩. والحق أن الأمر لم يكن البتة سهلا. فالذاهب إلى القمر لا بد له من وسيلة تعود به إلى الأرض، وصعوبة تحقيق ذلك هي بالذات ما منع السوفيتيين من أن يسبقوا الأمريكيين إلى هذا الأمر كما سبقوهم إلى غيره. ولا يجوز لومهم في ذلك، إذ الإحجام عن إرسال رحلة مأهولة خير من الرمي بطاقم بشري في رحلة ذهاب بلا رجعة لو وقعت لكانت كارثة بكل ما تحمله الكلمة من معنى.

أود أن أضيف إلى لائحة "أيام المجد" هذه يوما يعد تاريخيا بالنسبة إلى أوروبا وفرنسا، وأعني يوم إطلاق القمر الصناعي Astérix بواسطة صاروخ من نوع Diamant من قاعدة "حمادة الكير" في الصحراء الجزائرية. ولئن كان القمر المعني متواضعا، فإنه إذ جاء ثمان سنوات بعد Spoutnik وسبعا بعد Explorer، قد جعل من فرنسا القوة الفضائية الثالثة في العالم، مدخلا إياها إلى نادي الكبار ومفسحا المجال أمام أعرض الآمال.

خرج الإنسان إذن إلى الفضاء الخارجي وعاد منه سالما. لكن بين الجولة السريعة والمحطة الفضائية الدائمة كانت هناك خطوات تقنية جبارة يتعين قطعها، وهو ما فعله السوفيت محرزين فيه السبق على الأمريكيين مرة أخرى، إذ نجحوا في وضع محطتهم Saliout I في مدار فضائي في أبريل من عام ١٩٧١، قبل إقامة الأمريكيين محطة Skylab بسنتين اثنتين.

كان السباق محموما والصراع على أشده، لكن من طبع الأبطال أنهم يعرفون كيف يتحلون بالنبل والشهامة حتى وهم في خضم أوار المعركة. وهكذا رأى العالم في يوم ١٧ يوليو من عام ١٩٧٥ ملاحا سوفيتيا من طاقم Soyouz يشد على يد ملاح أمريكي وهما يسبحان معا في الفضاء.

لكن ما المانع ونحن نستعرض أيام المجد هذه من ذكر يوم تاريخي آخـــر، ونعني يوم ٢٤ ديسمبر من عام ١٩٧٩، يوم إطلاق أولى رحلات Ariane؟

ولنذكر في هذا الصدد أيضا بعض الرواد، لا رواد الفضاء الـــذين انطلقـــوا إليه في داخل مركباتهم، بل رواد الأبحاث في هذا المجال، الذين مهدوا لهم السبيل.

ونذكر منهم أول ما نذكر Robert Esnault-Pelterie المهنـــدس الفرنســـي المولود في ١٨٨١، الذي اخترع مقود الطائرة، والذي كـــان وراء فكـــرة الـــدفع النفاث، إذ أقام الدليل على إمكان بناء صواريخ قادرة على القيام بـــرحلات نحـــو الفضاء الخارجي. أما Robert Goddard (١٨٨٢-١٩٤٥)، فقد نجح عام ١٩٢٦ في إطلاق أول صاروخ يعمل بالمحروقات السائلة. كان ذلك في الولايات المتحدة، ولم يتجاوز الصاروخ في إقلاعه ارتفاع ١٢،٥ متـــرا، لكـــن المهـــم أن التجربـــة نجحت...

وأما المهندسون الألمان، فقد اضطلعوا بدور هام في تطوير تقنيات إطـــلاق الصواريخ. ونذكر من بينهم المهندس Hermann Oberth (١٨٩٤-١٩٨٩)، الذي نشر في عام ١٩٢٩ بحثا بالغ الأهمية في علم ريادة الفضاء، ثم انتهى به المطـــاف عام ١٩٣٠ في الولايات المتحدة، حيث اشتغل مع von Braun في تطوير وســـائل إطلاق الصواريخ.

أما في الاتحاد السوفيتي، فإن مهندسا أوكرانيـــا يـــدعى Serguei Korolev (١٩٠٦-١٩٦٦) هو من نجح عام ١٩٣٣ في صنع أول صاروخ سوفيتي يعمـــل بالمحروقات السائلة، كما أنه هو من صمم صاروخ Zemiorka الذي استخدم فـــي إطلاق Spoutnik عام ١٩٥٧.

لا شك أن المهندس الكبير Wernher von Braun كان يستحق أن يحتل في هذه اللائحة مكان الصدارة، لولا أن الظروف شاءت لســـوء الصـــدف أن يكـــون الرجل إبان الحرب العالمية الثانية مديرا لقاعدة Peenemünde الألمانية، فأصـــبح

بذلك مهندس صواريخ V2 سيئةِ الذكر. بيد أن اشتغاله لحساب ألمانيا النازيـة لـم يثنه، ما إن وضعت الحرب أوزارها، عن الانتقال إلى الولايات المتحدة ليتم أبحاثه فيها. فالرجل لم يكن له وطن، أو قل إن وطنه كان هو عالم الصواريخ...

ولم يتخلف العسكريون الفرنسيون عن الركب، بـل طـوروا هـم أيضـا صواريخ أطلقوا عليها أسماء أحجار كريمة، من الزبرجد Topaze إلـى الزمـرد Emeraude فاللازورد Saphir فغيرها من الأسماء، انتهاء إلى الماس Diamant، اسم الصاروخ الذي وضع القمر الصغير Astérix في مداره عام ١٩٦٥، فأدخـل فرنسا بذلك نادي الأمم غازية الفضاء، وأتاح للفرنسيين وضع نحو اثني عشر قمرا صغيرا من زنة تناهز مائة كيلوغرام في مدارات تراوح ٥٠٠ كيلـومترا ارتفاعـا عن سطح الأرض. وكانت فرنسا قد أقامت خلال الفترة ذاتهـا منصـة الإطـلاق المسماة Kourou في غويانا الجديدة، إذ كانت منطقة "حمادة الكير" قد عادت كباقي التراب الوطني الجزائري إلى الوطن الأم بعد الاستقلال.

كان صاروخ Diamant بلا مراء صاروخ إطلاق جيدا، لكن كان لا بد من أن يتبعه خليفة له أكثر منه قوة. ذاك ما دفع بالفرنسيين إلى العمـل علـى إقنـاع جيرانهم الأوروبيين بالانضمام إليهم في عمل أوروبي مشترك، فكان في ذلك ميلاد هيأة ELDO الأوروبية المتخصصة في تطوير صواريخ الإطلاق، والتـي أُسـند إليها العمل على تصور وبناء صاروخ إطلاق، اختير له من الأسماء أنسـبُها لـه وأصدقها تعبيرا عن حاله: Europa. وإن نحن أردنا وصف هذا الصاروخ وصـفا مبسطا فسنقول إنه كان متكونا من ثلاث طبقات، أولاها بريطانية والثانية فرنسـية والثالثة ألمانية. وقد أريدَ له في بادئ الأمر أن يطلق من منصة في قاعدة أسترالية حمولات من نحو طن واحد إلى مدار على علو ٥٠٠ كيلومتر، ثم جـرى تغييـر الهدف ليصبح إطلاقَ قمر من زنة ٢٠٠ كيلوغرام، لكن إلـى المـدار الأرضـي الثابت، على علو ٣٦٠٠٠ كيلومتر (انظر اسفله).

جرت محاولة إطلاق Europa عشر مرات متتالية، منيــت كلهــا بالفشــل، وكللت بانفجار الصاروخ الذي أطلق لأول مرة من قاعدة Kourou الجديــدة عــام ١٩٧١. كان لا بد إذن من وقفة فمراجعةٍ للنفس. واتضح بعد البحث أن الأســباب التي قادت إلى هذا الفشل الذريع لم تكن تختلف كبير اختلاف عن تلك التي وقفــت دون أسلافنا من أهل بابل ودون إتمام بناء البرج الذي راموا أن يبلغوا بــه عنــان السماء. وعاد الفرنسيون يقترحون حلا في شكل برنامج جديد، يعمل تحــت إمــرة مسير أعمال واحد، وبقيادة مهندس صناعي مسؤول واحد، فكان في ذلــك مــيلاد برنامج Ariane الذي قادته الوكالة الفضائية الأوروبيــة الجديــدة، وكالــة ESA (اختصارا لعبارة European Space Agency)، فأسندت أمر السهر على إنجــازه إلى وكالة الأبحاث الفضائية الوطنية الفرنسية CNES المقامة عــام ١٩٦١، التــي عينت بدورها شركة Aérospatiale قائما على الإنجاز الصناعي.

أما تسمية Ariane، فيعود إطلاقها على البرنــامج إلــى وزيــر الصــناعة الفرنسي آنذاك، Jean Charbonnel، الذي كان أستاذا مبرزا في التاريخ، فــاقترح الاسم وهو يفكر في الخيط الذي أسعفت به البطلة اليونانيــة الأســطورية Ariane الملك Thésée للخروج من المتاهة بعد قتله الوحش Minotaure، متوخيا في تبني الاسم خيطا يقود خطى البرنامج الفضائي الأوروبي فيخرجه من متاهته. وتنقســم البرامج التي تقودها وكالة ESA الفضائية الأوروبية إلى قسمين. أما أولها فهو مــا يعرف باسم "البرامج ذات الطابع الإجباري"، ومنها البرامج العلمية. ويُعتمــد فــي تمويل هذا الصنف من البرامج على مساهمات تقتطع من ميزانيات الدول الأعضاء الأربع عشرة بناء على الناتج الداخلي الخام بكل منها. وأما الصنف الثــاني مــن البرامج فاختياري، تسهم فيه كل دولة بما يناسب، وإلــى هــذا الصــنف تنتســب الأبحاث المتعلقة بتطوير صواريخ الإطلاق. وتسهم فرنسا بنحو عشرين بالمائة من ميزانية الصنف الأول، وألمانيا بخمسة وعشرين. أما فيما تعلق ببرنــامج Ariane، فقد اختارت فرنسا منذ البداية تحمل نحو ثلثي ميزانية البرنامج العامة. ولا غــرو،

فقد كان الفرنسيون يطمحون إلى النجاح، فكان لا بد لهم من أن يتحملوا في الأمر مسؤولياتهم كاملة.

مهمات صواريخ إطلاق المركبات الفضائية

يتعين على صاروخ الإطلاق أن يكون قادرا على إنجاز مهمات ثلاث، أولاها التغلبُ على الجاذبية الأرضية من أجل نقل "الحمولة الصافية" (أي القمر الصناعي أو الأقمار الصناعية) لوضعها في مدار ثابت، وثانيتها التمكنُ عند الانطلاق من اختراق فضاء كثيف يحتك به جسم الصاروخ فيكاد يلتهب نارا من حرارة الاحتكاك المتولد عن السرعة، وثالثتها إيتاء الحمولة الصافية سرعة خطية كافية، تبلغ كيلومترات عديدة في الثانية الواحدة، تمكنها من الاستقرار في مدار حول الأرض.

ويمكن تصنيف المدارات التي تضع وكالات الفضاء أكثر أقمارها عليها في أربعة أنواع.

أما الأول، فهو ما يعرف باسم المدار الأرضي الثابت. ويُقصد بذلك أن يوضع القمر الاصطناعي في مدار يجعله يبدو بالنسبة إلى الناظر إليه من الأرض وكأنه ثابت مكانه لا يتحرك. وذلك يقتضي أن يدور القمر بسرعة دائرية مساوية لسرعة دوران الأرض حول نفسها. ويوجد هذا المدار على ارتفاع ٣٦٠٠٠ كيلومتر عن سطح الأرض في موازاة خط الاستواء، مما يجعل دورته حول الأرض مساوية في الزمن لدورة هذه حول نفسها. ويحظى هذا المدار بتفضيل المشتغلين في مجال الاتصالات البعدية، إذ ما أسهل أن يتعامل المرء في إرساله الرسائل وتلقيه إياها مع نقطة معينة، هي القمر الاصطناعي، تظل من المنظور الهندسي ثابتة طوال الوقت في إحداثيات القواعد الأرضية. وحيث إن لكل عملة وجهين، فإن تزايد أعداد الأقمار الاصطناعية التي لا تني الوكالات الفضائية

تضعها على هذا المدار لا بد من أن يؤدي إلى تساؤل عن نتائج اختناق مرتقب وإن بعد حين. ذلك ما دفع إلى إقامة سلطات دولية تسهر على تنظيم استعمال هذه الدائرة السماوية المتميزة عن غيرها من الدوائر.

وأما الصنف الثاني فهو المعروف باسم المدارات الشمسية الثابتة، وهي مدارات تكاد تكون قطبية، تقع على ارتفاع يتراوح بين ٩٠٠ و١٠٠٠ كيلومتر. وهم يضبطونها بطريقة حسابية تجعل القمر السابح في أحد هذه المدارات يمر فوق النقطة نفسها على سطح الأرض في الموعد نفسه من كل يوم. وفي ذلك كما لا يخفى فوائد جمة لمن أراد مراقبة الأرض من الفضاء - لأغراض الأرصاد الجوية أو الأغراض العسكرية مثلا - إذ تتيح رؤية المنظر نفسه في ظروف الإضاءة نفسها مرات متعددة.

وأما الصنف الثالث فهو صنف المدارات المنخفضة، ويتراوح علو هذه المدارات ما بين ١٠٠٠ و٢٠٠٠ كيلومتر، ويكون مقطعها منحنيا بدرجة تزيد أو تنقص بالنسبة إلى مقطع خط الاستواء، ويدور القمر السابح فيها حول الأرض دورة واحدة في نحو تسعين دقيقة. وتكتسي هذه المدارات أهمية بالنسبة إلى مجال الاتصالات البعدية بفضل ما تتيحه من إمكان تغطية الكرة الأرضية تغطية تكاد تكون تامة، إذ يمكن تصور أنظمة تتكون من عناقيد من الأقمار الاصطناعية، يجري ترتيبها في المدار بطريقة تجعل المستعمل، أينما كان موقعه على الأرض، يجد قمرا اصطناعيا مطلا عليه من السماء ينقل إليه رسائله وينقل عنه الرسائل.

ثم لا ننسين في الأخير الرحلات الرابطة بين الكواكب. فنحن اليوم قادرون على إرسال مسابر حط بعضها على سطح المريخ أو الزهرة، وطاف بعضها الآخر حول المذنبات واعترض سبيلها ليرسل إلينا عنها ما استطاع تجميعه من معلومات، لكننا لا نزال عاجزين عن إرسال بشر إلى هناك، لما يمثله طول الرحلة من عائق ما زلنا لم نفلح في تجاوزه.

كيف يشتغل صاروخ إطلاق المركبات الفضائية ؟

يتلخص المبدأ الواجب تطبيقه عند بناء صاروخ جيد في الاجتهاد في نفث أكبر صبيب ممكن من الغاز بأكبر سرعة ممكنة، وبذلك تكون خير الصواريخ أداءً أقدرُها على النفث بكثافة وسرعة في آن.

فما الذي تنفثه هذه الصواريخ يا ترى؟ إنها تنفث الغازات الناتجة عن عملية إحراق المحروقات الخاصة بها، والمتكونة في العادة من مادة محترقة ومادة مساعدة على الاحتراق، أي بلسان الكيميائيين من مادة مختزِلة ومادة مؤكسِدة. وتتغير هذه المواد من صانع إلى آخر، لكن الشائع استعماله منها هو الثنائي أكسجين–هيدروجين، حيث يجري تحويل هذين الغازين إلى الحالة السائلة، ثم يضخان في خزانات الصاروخ قبيل ساعة الإطلاق. وقد تستبدل بهما مواد أخرى من مثل الثنائي ديميثيلهيدرازين–رابع أكسيد الأزوت وغيره. كما أن المحروقات قد تكون موادا صلبة، من مثل ما هو حاصل مع صاروخ Ariane V الذي يُملأ خزانا الدفع الجانبيان الكبيران فيه بخليط من مسحوق الألمنيوم ومسحوق كلوريد الأمونيوم المشبع الذي يعد مختزلا عالي الأداء. ويُذكر أن صاروخ Ariane V مجهز إلى ذلك بمحرك مركزي (ونعني محرك Vulcain) العامل بالهيدروجين والأكسجين السائلين.

يهتدي صانع الصاروخ في عمله بالمبدأ المتمثل في ضرورة تخفيض "الكتلة الخالصة" masse sèche، أي كل ما ليس من المحروقات، إلى أقصى حد ممكن. وقد نجح الصانعون حتى اليوم في جعل تلك الكتلة تنحصر في حدود ١٥ بالمائة من مجموع كتلة الصاروخ.

وهاك سؤالا غالبا ما نسمع الناس يطرحونه، يتعلق بسبب كون صواريخ الإطلاق متكونة من طبقات عديدة، والجواب أن الصانعين يتعمدون ذلك ليسهل

على الصاروخ التخلص بأسرع وقت ممكن من المكونات التي تصبح عديمة الفائدة بعد أن ينتهي دورها في عملية الانطلاق.

صاروخ Ariane

يقدر مجموع كتلة صاروخ Ariane عند الإطلاق بأربعين وسبعمائة طـن، وعلوه بواحد وخمسين مترا. وهو قادر اليوم على وضع كتل صافية من نحو ستة أطنان في مدار حول الأرض، ويُنتظر في القريب إدخال تعديلات عليه ترفع قدرته إلى ما يفوق عشرة أطنان. وقد بدأت فرنسا بتحمل ما يفوق ستين بالمائة من كلفة برنامج Ariane عند انطلاق البرنامج في السبعينات من القرن الماضي، وهي لا تزال إلى اليوم على رأس قائمة الممولين بنحو ستة وأربعين بالمائة من مجموع نفقات المشروع، كما أن الفرنسيين أنشأوا في عام ١٩٨٠ شركة Arianespace التي تسهر على تدبير الصاروخ وتسويقه. وقد جرى إنجاز أكثر من ثلاثين ومائة عملية إطلاق استُعمِل فيها هذا النوع من الصواريخ، لم تفشل منها سوى ثمان عمليات، وهو في حد ذاته إنجاز لم يحقق مثله على حد علمنا أحد. ولا ننسى التنويه في هذا الصدد بقاعدة الإطلاق Kourou وما يهيئه هذا الموقع المتميز من ظروف حسنة لعمليات الإطلاق.

لا يعدم صاروخ Ariane منافسين في السوق العالمية. ومن ذلك مثلا ما عمد إليه مسؤولو وكالة الفضاء الأمريكية منذ نحو ثلاثين سنة، من افتراعهم سبيلا جديدة نحو الفضاء، متمثلة في المكوك الفضائي Shuttle، صاروخ الإطلاق القابل لإعادة الاستعمال. ويتعلق الأمر بصاروخ مأهول يقلع عن ظهر الأرض كما يقلع الصاروخ ثم يعود ليحط عليه كما تحط الطائرة، تنبأ له صانعوه بمستقبل قريب يصير فيه بمثابة سفينة فضاء صالحة لكل عمل، تستطيع الاضطلاع بدور سيارة الأجرة والشاحنة ومحطة التجارب الفضائية وغير ذلك مما يراد بها، ناهيك عن أن قابليته لإعادة الاستعمال ستجعله مغريا من الناحية الاقتصادية. لكن المعجزة لم

تتحقق، إذ اتضح أن عملية صيانة المكوكات عملية جد مكلفة. ولا غرو، فلا ينبغي لآلة تذهب بالناس إلى الفضاء وتعود بهم منه أن تشكو خللا... بذلك بقيت صواريخ الإطلاق "التقليدية" عماد كل الأنشطة ذات الطبيعة التجارية. وبمعنى آخر، فإن "ولاعة السجائر" القابلة للاستعمال لم تستطع الحلول محل "عود الثقاب" الذي لا يقدح سوى مرة واحدة... ولا يزال الصانعون الأمريكيون يطرحون في السوق صواريخ من النوع التقليدي، نذكر منها صواريخ Delta وAtlas-Centaur وTitan. وليس الروس بغائبين عن الساحة – رغم اضمحلال نشاطهم الفضائي بعد انهيار الاتحاد السوفياتي – إذ وقعوا عقودا مع عدد من الدول من بينها على وجه الخصوص فرنسا (شركة Starsem)، كما أن الصينيين واليابانيين حاضرون هم أيضا في سوق صواريخ الإطلاق.

الأسواق والثورات التقنية

رسم المدير الإداري بوكالة الفضاء الأمريكية Daniel Goldin الخطوط العريضة في سياسة تحديد البرامج الفضائية الأمريكية وتدبيرها في قوله: "أفضل وأسرع وأرخص". وليس للائم أن يلومه في ذلك، وبخاصة لو كان قد أضاف إلى صفات التفضيل الثلاث هذه صفة رابعة، هي "آمَن"، من الأمن والأمان. فيكفي أن نذكر أن تكاليف عملية إطلاق صاروخ واحد تعادل تلك التي يتطلبها شراء طائرة نفاثة ضخمة. ورغم اختلاف ما تُستعمل هذه وتلك له من غايات، فإن الشركات التي تصنعها واحدة، مما يجعل التشبيه الذي أقمناه هاهنا مفيدا. لذلك يجمع المختصون على وجوب العمل على خفض كلفة الصواريخ، وهو ما يبدو أن من الممكن تحقيقه في حدود ١٥ إلى ٢٠ بالمائة، عبر إدخال بعض التعديلات على سبل التدبير. وذاك لعمري أمر سيكون كبير الفائدة، شريطة أن لا تفضي تلك التعديلات إلى نقص في الأداء أو مسٍّ بشروط السلامة والأمان.

وليست سوق الأقمار الاصطناعية بمنأى عن هذا التطـور. فكتلـة القمـر الصناعي التي كانت في الماضي لا تجاوز ٢٤٠٠ كيلوغرام، صارت اليوم تتراوح ما بين ٢٥٠٠ و ٤٠٠٠ كيلوغرام، وسيكون بمقدور الصاروخ Ariane في القريب أن يحمل إلى الفضاء أوزانا من سبعة أطنان وثمانية، ستصبح عشرة فما فوقها بعد ذلك. وهذا يعني أن صاروخا مثل هذا الصاروخ سيكون قادرا على وضع قمـرين اصطناعيين كبيرين في مدار حول الأرض. ولا يستهان في هذا الصـدد بسـوق الأقمار الاصطناعية الصغيرة، وذلك ما جعل وكالـة الفضـاء الأوروبيـة تـدعم برنامجا لتطوير صاروخ إطلاق يكون مهيأ لحمل مثل هذه الأقمار.

وقد يتساءل متسائل عن السر في كون وسيلة الدفع في صواريخ الإطـلاق الفضائية بقيت معتمدة منذ منشإ تلك الصواريخ على نفث غازات الاحتـراق فلـم تتغير. والحق أنه رغم التحسينات الكبرى التي دخلت على طريقة تطبيق المبـادئ العامة المتبعة في هذا المجال، فإن المبادئ نفسها قد بقيت قائمة لم يشبها أي تغيير. لكن ألا يصح الشيء نفسه في حق السيارات التي بقيت منذ ما يزيد عن القرن من الزمان تعتمد على المحرك العامل بمبدأ الانفجار المتحكم فيه؟

زد على هذا أن المختصين لا ينون يتقدمون بأفكار بديلة، نذكر منها علـى سبيل المثال طريقة الدفع الأيونية التي تقوم على نفث غاز مؤين يجـري تسـريع جزيئاته المشحونة كهربائيا، تسريعها عبر تعريضها لجاذبية حقل كهربائي يُصطنع لهذه الغاية.

تستدعي التقنيات الفضائية تدخُّل فروع من العلوم شتى، من فيزياء وكيمياء متخصصتين في العناصر والمواد، وميكانيك وإلكترونيات ومعلوميات وطب وغير ذلك من أنواع العلوم، التي تعد الأبحاث الفضائية اليوم بحق رائدتَها وقاطرتها فـي استكشاف سُبُل التجديد والإبداع. واليوم فإن التطبيقات المدنية الرامية إلى تحقيـق

تدبيرٍ أمثلَ لكوكبنا واستكشافٍ أعمق للنظام الشمسي ومراقبة أدق للفضاء البعيـــد، تمثل كلها تتويجا وتكملة للبرامج العسكرية التي كانت في الأصـــل وراء تطـــوير تقنية الصواريخ.

الإنسان في الفضاء والرحلات الفضائية المأهولة[٢]

أرلان أمار-إسرآل
Arlène AMMAR-ISRAËL

لقد احتلت الرحلات الفضائية المأهولة - حتى قبل أن تصبح شيئا واقعا - مكانا مهما في المخيال الجماعي. وفيما تزيد التكنولوجيا الفضائية يوما عن يوم أهمية في حياة البشر اليومية، فإن المشاركة في الرحلات المأهولة تكون دائما مثار جدل، وبخاصة في اللحظة التي تسبق اتخاذ القرار، اعتبارا للكلفة الكبيرة التي تستتبعها تلك الرحلات.

فالفضاء مكانٌ مُعادٍ للإنسان كأكثر ما يكون مكانٌ عداءً. وكما سنرى، فقد نجح المختصون في التغلب على بعض الصعوبات، وذلك بفضل تحليل الإواليات العاملة، والتقدم التكنولوجي، واتخاذ إجراءات حمائية وقائية، والحرص على اختيار الملاحين بدقة وتدريبهم تدريبا يساعدهم على التكيف مع الصعوبات.

وسنحاول كذلك أن نشرح الرهانات العلمية والاقتصادية التي تمثلها هذه الرحلات، وذلك انطلاقا من أمثلة كمنظار Hubble ومهمة Perseus على محطة MIR الفضائية.

المحيط الفضائي

أضحى الوصول إلى المدارات السفلى اليوم شيئا سهلا يسيرا. ونعني بالمدارات السفلى تلك التي يتراوح بعدها عن الأرض بين ٣٠٠ و٥٠٠ كيلومتر، ويدور الجسم الموضوع فيها دورة واحدة حول الأرض في نحو ساعة ونصف

---

(٢) نص المحاضرة رقم ٢٦٧ التى القيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٣ سبتمبر ٢٠٠٠.

الساعة. في هذه المدارات، فإن انعدام الجاذبية شبه التام هو ما يميز ما يعرف باسم حالة الثّقالة الصُّغرية état de micropesanteur. وتعد الثّقالة الصُّغرية في الوقت نفسه أداةً للبحث الأساسrecherche fondamentale وكذا للأبحاث التطبيقية في مجالات الفيزياء والكيمياء والبيولوجيا والفزيولوجيا، وذلك في ظل ظروف تجريبية لا يمكن تحقيقها على الأرض. وهو يعد كذلك ضابطا من ضوابط المحيط الفضائي ينبغي التحكم في النتائج التي تنجم عنه بالنسبة إلى الحياة والعمل على متن السفن الفضائية، كما ينبغي أخذه في الحسبان عند كل بناء أو تطوير للأنظمة الفضائية. أما باقي خواص المحيط الفضائي، فهي الإشعاعات، والانزواء المؤدي إلى حالات الكرب، والتسارع والاهتزازات العنيفة عند الإقلاع من على الأرض وعند الهبوط إليها. وأخيرا، فإن خروج الملاحين من السفينة في الفضاء لأجل القيام ببعض الأعمال يستدعي تجهيزهم ببذل خاصة لا تقيهم من الفراغ المحيط وحده، بل وكذلك من الإشعاعات والاختلاف الكبير في درجة الحرارة. وحالة الثّقالة الصُّغرية كما الإشعاعات والانزواء كلها لها آثار في الجسم البشري لا تنكر. ويرجع الفضل في جزء كبير من معلوماتنا الحالية في هذا المجال إلى الأبحاث التي أجريت على متن مركبة MIR الفضائية (ويذكر في هذا الصدد أن الطبيب Valeri Poliakov قد أمضى على متنها نحوا من أربعة عشر شهرا بين عامي ١٩٩٤ و١٩٩٥). من ثم اتضحت ضرورة اتخاذ إجراءات احتياطية ووقائية صارمة من أجل تفادي وقوع أية أمراض غير وثيقة الصلة بالفضاء. أما حين يكون زمن المهمة طويلا، فإن وجود طبيب جراح بين أعضائها قد يصبح في الغالب ضروريا.

يتعرض رواد الفضاء لصعوبات صحية عديدة ناجمة عن حالة الثّقالة الصغرية، لعل أكثرها إثارة للمخاوف ما تعلق منها بالقلب والأوعية الدموية. فمنذ اللحظات الأولى من الإقلاع، ينتقل نحو لتر ونصف من الدم من الجزء السفلي من الجسم إلى جزئه العلوي، مما يخلق توزيعا للدم جديدا يُؤَوِّله الدماغ على أساس أنه

كمية زائدة من السوائل، فيعمل مباشرة على تغيير إفرازات الغدد المكلفة بالحفاظ على كمية الماء والملح ثابتة في الجسم. وكذا فما إن يمضي المرء أسبوعا واحدا في حالة الثقالة الصغرية حتى تكون كمية الدم في جسمه قد نقصت بنحو عشرة بالمائة، مما يجعله في حالة اجتفاف. وحين يعود الملاح إلى الأرض، فإن ضغط دمه يكون منخفضا إلى درجة تجعله غير قادر على الانتصاب واقفا، وهي أعراض تلاحَظ في كثير من أمراض الجهاز العصبي، وكذا عند نحو ثلاثين بالمائة من المسنين. وقد جرى إنشاء برنامج وقائي من الإجراءات - أو الإجراءات المضادة - يتيح مقاومة كل اختلال في طريقة التنظيم الداخلي بالجسم، يشتمل مثلا على تمارين فوق البساط المتحرك والدراجة التي تقيس الجهد العضلي، وكذا ارتداء ملابس تفرض إكراهات على الجسم.

ليس الجهاز العصبي الحسي بمنأى عن المشاكل الناجمة عن حالة الثقالة الصغرية، ومن ذلك أنه يتعين عليه أن يتأقلم سريعا مع هذه الحالة. وفتح هذا أمام الباحثين مجالا واسعا للتطبيقات على إواليات الإدراك والحركة في الفضاء، وكذا على مرونة الجهاز العصبي ومدى قدرته على إعادة بناء نفسه.

أما العضلات والهيكل العظمي، فتظهر فيها آثار حالة الثقالة الصغرية بعد انقضاء بضعة أسابيع من العيش في ظل هذه الحالة. وتتمثل تلك الآثار في نقص في الكثافة العظمية (وهو النموذج التجريبي من تخلخل أنسجة العظام) وضمور النسيج العضلي. وستتكفل الإجراءات الوقائية هنا أيضا بمقاومة هذه الآثار.

حين يكون الملاح داخل مركبته وهي تدور حول الأرض، فلا الإشعاعات ذات الطاقة العالية ولا اللهب الشمسي ولا الأحزمة المعروفة باسم أحزمة Van Allen الإشعاعية بقادرة على أن تسبب له كبيرَ ضررٍ إذا ما اتُّخذت بعض الاحتياطات، كما يتبين ذلك من القياسات التي أُخذت أثناء الرحلات. لكن الخطر يتزايد إذا تعلق الأمر برحلة طويلة المدى (من مثل رحلة إلى كوكب المريخ مثلا). فالتعرض الطويل للأشعة الكونية وكذا احتمال التعرض لهبات من اللهب الشمسي،

ستفرض كلها قيودا جديدة على صنع السفينة وبرنامج الرحلة واختيار طاقم الملاحين.

بالنسبة إلى رواد الفضاء، فإن الإعداد لرحلة فضائية يستغرق وقتا طويلا (من سنتين إلى ثلاث سنوات)، لأن ذلك الإعداد يتضمن تعلُّم طريقة عمل المحطة وخطوات البرنامج التجريبي المطلوب تطبيقه، علاوة على الاستعداد للرِّحلة استعداد نفسيا وجسديا. فلا بد لمن يريد الانطلاق في رحلة فضائية من أن يكون قادرا على مقاومة الإكراهات عند الإقلاع والهبوط وأثناء مقامه في حالة الثِّقالة الصغرية، وكذا مقاومة الضغوط النفسية الناجمة عن الانزواء. ويتضمن الإعداد تدريبات على الطاولة الميادة والكرسي الدوار والرحلات ذات الانطلاق بالغ السرعة. ولئن كان هذا التدريب لا يفيد في شيء في الحد من ظهور تلك الأعراض، فإنه ينقص من حدتها ويسهل التخلص منها بسرعة. وهو يتضمن كذلك حصصا من الغطس في المسبح مع ارتداء لباس الغطس الثقيل، وحصصا أخرى في جهاز الطرد المركزي الدوار تحاكي ظروفها ظروف الإقلاع والهبوط.

تسير الحياة اليومية على متن المركبات الفضائية حسب أيام من أربع وعشرين ساعة، وهو إيقاع ليس طبيعيا، بل هو تواضعي، لأن الملاح الذي يدور حول الأرض في تسعين دقيقة يرى الشمس تشرق وتغرب ست عشرة مرة في يوم واحد من أيامنا على الأرض. وإنما جرى التواضع على هذا الإيقاع لتسهيل العمل بين الملاحين والطواقم التقنية على الأرض، وكذا لتفادي خلخلة الإيقاعات البيولوجية العادية. ويختلف النشاط الذي يقوم به الرواد باختلاف نوع المهمة المكلف كل واحد منهم بها (من تقني اختصاصي في الرحلة إلى عالم يجري تجاربه على متن السفينة)، لكن هذه الاختلافات في طريقها إلى الاندثار، والرواد في سبيلهم إلى أن يصبحوا متعددي الاختصاصات.

من بلوغ الفضاء إلى استكشافه

السباق نحو الفضاء

لا يمكن الحديث عن استكشاف الفضاء دون البدء بذكر Serguei Korolev، الذي أسهم بأوفر نصيب في تطوير الملاحة الفضائية. فصاروخه المعروف باسم R7 قد جعل ذكره مقترنا بكل الإنجازات الرائدة في هذا المجال، من القمر Spoutnik 1، أول قمر صناعي يرسله البشر إلى الفضاء وينجحون في جعله يتخذ مدارا حول الأرض (١٩٥٧)، إلى أول رحلة فضائية مأهولة، مع الرائد الشهير Youri Gagarine (١٩٦١)، إلى أول مغامرة خارج مركبة سابحة في الفضاء (١٩٦٥). وقد دخلت البشرية مع Spoutnik 1 عصر الفضاء، فانطلق بذلك سباق محموم بين القوتين العظميين نحو إحراز قصب الريادة في هذا المجال. ففي الولايات المتحدة الأمريكية قام Werner von Braun بتصميم صاروخ Jupiter الذي حمل إلى الفضاء قمر Explorer الاصطناعي، أول قمر اصطناعي ذي أغراض علمية، وذلك بعد بضعة شهور فقط على إطلاق الروس صاروخهم الرائد، وما إن هلت سنة ١٩٥٨ حتى أنشئت وكالة NASA الفضائية التي أخذت على عاتقها قيادة البرنامج الفضائي الأمريكي. ثم أرسل الروس مركبتهم المأهولة الأولى تحمل الرائد Gagarine فرد الرئيس الأمريكي J.F. Kennedy شهرا واحدا بعد ذلك، أي في ٢٥ مايو ١٩٦١، بأن جند الأمة الأمريكية خلف برنامج Apollo المعتمد على صاروخ Saturne V. ووضع أول إنسان (N. Armstrong) قدمه بالفعل على سطح القمر في ٢٠ يوليو ١٩٦٩، غير أن البرنامج جرى إيقافه بعد رحلة Apollo 17 لأسباب مالية، علما أن الرحلات الثلاث الأخيرة كانت أكثر رحلات البرنامج فائدة من الناحية الجيولوجية.

انحسرت بعد ذلك حدة السباق نحو القمر لتفسح المجال لسباق آخر هدفه السيطرة على المدار السفلي، فظهرت المحطات الفضائية المأهولة، بدءا بمحطة Saliout السوفياتية ومحطة Skylab الأمريكية، أول مختبر فضائي سابح في

مدار. وجاءت بعد ذلك رحلة Apollo-Soyouz المشتركة في عام ١٩٧٥، فانفتح بذلك المجال واسعا أمام نحو من أربعمائة رائد سبحوا من يومها في الفضاء تتابعا، يدرسون الظروف الاستثنائية التي تطبع حالة الثقالة الصغرية داخل المحطات.

ثم مر الزمن، فاتبع كل من الفريقين سبيلا مختلفا تمام الاختلاف عن سبيل صاحبه، فاتجه الروس نحو الرحلات طويلة الأمد، على متن محطات فضائية سابحة في مدارات منخفضة، يقيم فيها الرواد باستمرار متناوبين فريقا بعد فريق، على حين اختار الأمريكيون تطوير ما يعرف باسم المكوكات، وهي طائرات فضائية يمكن إعادة استعمالها مرة تلو مرة، مصممة لإنجاز رحلات مستقلة قصيرة الأمد. وقد جمع برنامج Shuttle-MIR بين الاتجاهين منذ أن وضعت الحرب الباردة أوزارها، مفسحة المجال أمام التعاون الدولي في مجال الفضاء، مما أتاح البدء في إعداد العدة لإقامة المحطة الفضائية الدولية.

المحطة الفضائية الدولية

بعد تعثرات كثيرة تعود بالخصوص إلى حالة الاقتصاد الروسي، بدأ العمل أخيرا في تجميع أجزاء المحطة الفضائية الدولية، التي تعد الولايات المتحدة وروسيا الفيدرالية وأوروبا واليابان وكندا أهم المساهمين فيها. وقد جرى بالفعل وضع المحطة في مدارها، حيث يجري العمل حاليا في إنهاء المرحلة الأولى من بنائها. وقد كانت وحدة Zaria (أي "الفجر") الروسية، ومعها وحدة الربط الأمريكية Unity، أول لبنة في هذا البناء، إذ أرسلتا معا في عام ١٩٩٨، تلتهما في ٢٦ يوليو من عام ٢٠٠٠ وحدة Zvedza (أي "النجم") الروسية، التي ستتيح استغلال المركب استغلالا فعليا، بفضل ما ستوفره لطواقم الرواد من أسباب الحياة. وستكون المحطة متى انتُهي من بنائها عام ٢٠٠٥ عبارة عن مركب ضخم سابح في مداره، زنته نحو من خمسة عشر وأربعمائة طن، يوفر فضاء صالحا للعيش مساحته ثلاثمائة وألف من الأمتار المربعة، وقادر على إنتاج ١١٠ كيلواط من الطاقة الكهربائية.

ومن المتوقع أن يحل أول طاقم دائم بالمحطة في أكتوبر من عـام ٢٠٠٠، بينما سيجري إرسال المختبر الأمريكي Destiny وربطه بها في يناير من عام ٢٠٠١. وسوف يستدعي الأمر ثمانا وعشرين رحلة مكوكية أمريكية وأربعين رحلة روسية قبل الانتهاء من تجميع أجزاء المحطة جميعا وتهيئتها للاستعمال، إذ سيتتابع وضع العناصر التقنية والوحدات العلمية الضرورية حتى عام ٢٠٠٥. ويبقى برنـامج المحطة الفضائية الدولية أحد أهم البرامج التقنية والعلمية في هذا القرن، رغـم أن الاستمرار فيه جاء نتيجة حسابات سياسية غايتها إقامة تعاون دولـي اسـتراتيجي لدعم الصناعة الفضائية. فالمحطة عبارة عن مختبر متعدد الاختصاصـات طويـل الأمد سيبقى مأهولا بصفة مستمرة لمدة تزيد عن عشر سنوات، من قبـل طـواقم يتكون كل منها من سبعة رواد، تتناوب العمل على المحطة بمعدل ثلاثة أشهر لكل طاقم. وإذ يتيح هذا البرنامج لوكالات الفضاء الكبرى فرصة تعلم التعـاون فيما بينها، فإنه يفتح آفاقا أمام رحلات أخرى لاستكشاف النظام الشمسي ما كان بوسـع أية واحدة من تلك الوكالات مجرد التفكير في إنجازها وحدها.

تقررت مشاركة أوروبا في المحطة الفضائية الدولية أثنـاء الاجتمـاع الـذي عقده على المستوى الوزاري مجلس الوكالة الفضـائية الأوروبيـة بمدينـة تولـوز الفرنسية في أكتوبر من عام ١٩٩٥، ثم تحددت تلك المشاركة أثناء انعقـاد مجلـس بروكسل في مايو من عام ١٩٩٩. ويتضمن هذا البرنامج إعداد مختبـر Colombus ذي الضغط المكيف، الذي من المنتظر إطلاقه إلى الفضاء فـي أكتـوبر مـن عـام ٢٠٠٤، وسيارة ATV (اختصارا لعبارة Automated Transfert Vehicule) آليـة التحكم، المنتظر إرسالها على متن صاروخ Ariane 5 في أبريل مـن عـام ٢٠٠٤ كي ترتبط بالوحدة الروسية، وكذا دراسات مفصلة حول سفينة لإنقاذ الطواقم، وكـذا عددا من الأنشطة المرتبطة بالإعداد لاستعمال الوحدات الفضائية، وتمويـل فريـق الرواد الأوروبي المتكون من ستة عشرا ملاحا بينهم أربعة فرنسـيين. وقـد قـرر مجلس تولوز الوزاري كذلك البدء في إطلاق برنـامج MFC (اختصـارا لعبـارة

(Microgravity Facilities for Colombus) الهادف إلى تجهيز القسم المعد لاستعمال الأوروبيين في مختبر Colombus. ويتضمن هذا البرنامج على وجه الخصوص تطوير مختبر خاص بعلوم المواد (MSL، اختصارا لعبارة Material Science Lab)، وتطوير مختبر قابل للتفكيك والتركيب خاص بعلوم الموائع (FSL، اختصارا لعبارة Fluid Science Lab)، وتكييف تجهيزات مختبر الأبحاث الفيزيولوجية الأوروبي (EPM، اختصارا لعبارة European Physiological Modules) وجعله جاهزا للاستعمال، وتطوير مختبر Biolab الخاص بأبحاث البيولوجيا. وتلك كلها أدوات ستوضع رهن إشارة العلماء والباحثين. وقد شرعت وكالات الفضاء منذ عام ١٩٩٧ في دعوة الباحثين سنويا إلى التقدم باقتراحاتهم في هذا المجال، مما يتيح لها إحالة تلك المشاريع إلى خبراء دوليين مستقلين، قصد دراستها واختيار الأصلح من بينها بناء على قاعدة "خيرُها أفضلها علما".

تنتظم المساهمة الفرنسية في حصة وكالة الفضاء الأوروبية من استعمال محطة الفضاء الدولية خلال المرحلة الأولى من البرنامج حول محورين رئيسين:

- ففيما تعلق بعلوم حالة الثِّقالة الصغرية داخل الجزء ذي الضغط المكيف، يساهم الصناعيون الفرنسيون في تطوير الأدوات الأربعة التي يحتاجها القسم الأوروبي من المحطة. كما أن معهد الدراسات الفضائية الوطني الفرنسي CNES يعمل على تطوير وحدة Cardiolab المتخصصة في الأبحاث في مجال فيزيولوجيا القلب والأوعية الدموية، والتي سيجهز بها مختبر الأبحاث الفيزيولوجية الأوروبي، قصد إجراء أبحاث عامة وكذلك قصد مراقبة صحة الرواد العاملين على متن المحطة، ويعمل المعهد كذلك على تطوير الأداة المعروفة باسم DECLIC (اختصارا لعبارة Dispositif pour l'étude de la croissance et des liquides critiques)، وهو مختبر صغير سيدمج في المحطة بهدف دراسة الموائع في ظل ظروف تقارب النقطة الحرجة التي عندها تنتقل المواد الشفافة إلى الحالة الصلبة.

- وفيما تعلق بعلوم الكون، فإن من المنتظر إجراء تجارب خارج المحطة، تربط تجهيزاتها بالبنية المتشابكة الخارجية التي ستكون للمحطة حوالي ٢٠٠٤-٢٠٠٥ كما أن الساعة الذرية المعروفة تحت اسم PHARAQ التي تقوم على خفض درجة حرارة الذرات، والتي طورتها مختبرات المدرسة العليا ومعهد علوم الفضاء الوطني، تعد خطوة مهمة في الإعداد لمشاريع فضائية في علوم المبادئ الفيزيائية الأساس. ومن المنتظر أن تجمع العملية الأوروبية المسماة ACES (اختصارا لعبارة Atomic Clock Ensemble in Space) المتوقع القيام بها عام ٢٠٠٥ على المحطة بين هذه الساعة الدرية وبين تقنية نقل للوقت عبر رابط الليزر وكذا ساعة نابضة مشابهة لساعة الليزر غير أنها تستخدم الهيدروجين وتعمل بالموجات الكهرومغناطيسية، وذلك بهدف المقارنة. ومن المنتظر أن تكون لنتائج هذه الأبحاث آثار حاسمة في مجالات حساب الزمن والترددات وكذا أنظمة الملاحة المستقبلية. أما تجربة الفيزياء الشمسية المعروفة تحت اسم تجربة Solpec، التي أعدتها مصلحة الفيزياء والكيمياء الفضائيتين في معهد أبحاث الفضاء الوطني، فستتيح حساب توزيع طاقة الطيف الشمسي في الأشعة فوق البنفسجية والجانب المرئي من الأشعة تحت الحمراء. وتكمن فائدة هذه التجربة في الأهمية القصوى التي تكتسيها بالنسبة إلى دراسة الدورة الكيميائية الضوئية التي تتحكم في سلوك الأنواع الكيميائية في الجو، وكذا بالنسبة إلى الدراسات المناخية في علاقة مع النشاط الشمسي.

استكشاف كوكب المريخ في المستقبل

بعد القمر، بقي الوصول إلى المريخ حلما قديما يراود البشرية. والحق أن استكشاف المريخ يعد هدفا أساسا من أهداف المعرفة الإنسانية اليوم. فهذا الكوكب يعد من نوع كوكبنا الأرضي، وهو لذلك قد يكون استقبل في فترة من الفترات

نوعا بدائيا من الحياة أو شهد تطوره. وإذا وضع الإنسان يوما قدمه على سطحه، فإن ذلك لن يكون سوى نتيجة لتضافر عاملي "الرغبة في الاستكشاف" والتعاون بين الإنسان والآلة. ولئن كان مثل هذا الأمر يبدو طَموحا فإنه يبقى ممكن التحقيق بفضل الوسائل المتاحة اليوم وما سيصبح منها متاحا في المدى القريب (حوالي ٢٠٢٠-٢٠٣٠). وقد برمجت وكالة NASA الأمريكية رحلة مأهولة نحو المريخ في أفق ٢٠٢٠ (في إطار برنامج Robert Zubrin)، حيث من المرسوم أن يجري في البداية إرسال سفينة معدة لإرجاع الرواد نحو الأرض، سوف توضع هناك مع معمل صغير ملحق بها، مهمته إنتاج المحروقات اللازمة للعودة، والمكونة من غاز الميثان ومن الأوكسجين السائل المستخرج من غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في جو المريخ. بعد ذلك بسنتين سيتوجه طاقم مكون من ستة أفراد ليحط على ظهر الكوكب، حاملا معه مسكنه وسفينة ثانية للعودة مجهزة بدورها بمعمل لإنتاج المحروقات. وإذا ما شُرع فعلا في هذه الرحلة، فإنها سوف تُنجز على مراحل ثلاث رئيسة: ستة أشهر ذهابا، فثمانية عشر شهرا إقامةً، فستة أشهر إيابا. ويتضمن برنامج وكالة الفضاء الأمريكية الخاص باستكشاف المريخ إجراء اختبارات تحضيرية عدة بواسطة الآلات قبل الشروع في تنفيذ الرحلة المأهولة.

التحديات العلمية والتطبيقات الأرضية

سنضرب هنا مثلين للرحلات الفضائية، أولهما لتبيان مدى نصيب التدخل الإنساني الضروري لإنجاز منظار Hubble الفضائي، والثاني للتشديد - فيما يخص مهمة Perseus على ظهر محطة MIR - على أهمية الربط ما بين علوم حالة الثقالة الصغرية والتطبيقات في الحياة اليومية، سواء أكانت تلك التطبيقات طبية أم صناعية.

منظار Hubble الفضائي

يعد وضع هذا المنظار إحدى أجل المهمات الفضائية شأنا وأعظمها خطرا، وإحدى أكبر الإنجازات التي حققها رواد الفضاء في إصلاح الأقمار الاصطناعية في المدار، مبرهنين بها على مدى التكامل الحاصل بين الرحلات المأهولة والأقمار الآلية. فقد صمم المنظار، الذي أطلق نحو الفضاء في ١٩٩٠، كي يقوم على مدى عشرين عاما بتجميع معلومات عن الفضاء الخارجي وإرسالها إلى الأرض. ومن يومها دأب هذا المنظار المشترك بين وكالتي الفضاء الأمريكية والأوروبية على تزويد المجتمع العلمي في أنحاء المعمورة بمعطيات يكفي في شأنها أن نقول إن ما يربو على ٢٤٠٠ مقال علمي قد نشرت على أساسها على مدى السنوات العشر الأولى من عمر المنظار. وقد أصابته أثناء هذه السنوات أعطاب استدعت إرسال ثلاث مهمات صيانة وإصلاح انطلاقا من المكوك الفضائي كللت جميعها بالنجاح، وقد جرت برمجة مهمة رابعة هدفها تحسين هذه الأداة الرائعة التي كانت من البداية تشكو من عيب يحد من قدرتها على تأدية المهمة الموكولة إليها.

أهداف مهمة Perseus

لقد أتاحت الرحلات المأهولة الفرنسية الروسية للعلماء الفرنسيين القيام بتجارب في مجالات علوم الحياة والمادة والتكنولوجيا. وتشارك في التجارب طواقم من معهد الدراسات الفضائية الوطني ومعهد الصحة والبحث الطبي الوطني ومفوضية الطاقة الذرية الفرنسية والجامعات والمصالح الصحية في القوات المسلحة وغيرها من المعاهد والمختبرات. وقد كانت المهمة التي قادها Jean-Pierre Haigneré في ١٩٩٩ سابع المهمات الفرنسية الروسية المشتركة المنظمة من قبل وكالة الفضاء الفرنسية على متن محطة MIR الفضائية. وتميزت هذه المهمة بميزات خاصة، إذ كانت الرحلة طويلة الأمد (١١٨ يوم)، وتضمنت

برنامجا تجريبيا مفتوحا للتعاون الأوروبي، وأنيطت بالملاح الفرنسي مهام تجريبية وتقنية منها مهمة خارج جسم السفينة.

أما فيما تعلق بعلوم الحياة، فإن الهدف هو فهم بعض الجوانب الأساس في طريقة تعامل الجسم الحي مع تغير ظروف الجاذبية، والإفادة من ذلك في تطوير الطب الفضائي قصد حماية حياة الرواد وصحتهم وتحسين مردوديتهم في الفضاء، ثم العمل على نقل ما يتمخض عنه ذلك من تطورات تقنية وعلاجية، وتطبيقه في مجال الطب العام. وهكذا جرى تطوير مختبر Physiolab لأجل تحليل سلوك الأوعية الدموية والأعصاب التي تتحكم في الأعضاء الداخلية، والقيام بتشخيص ومتابعة آنيين لحالة "الاغتراب" التي يعيشها جسم الملاح في الفضاء. وقُل مثله في مختبر Cognilab المتخصص في دراسة علوم الأعصاب والإنسان الآلي، والذي يعد أداة عالية الكفاءة في دراسة الإواليات المعرفية والحسية-الحركية. وفضلا عن ذلك، فإن حالة الثِّقالة الصغرية تتيح مقاربة بعض الجوانب الأساس المتعلقة بدور الجاذبية في نمو المادة الحية وفي تركيب بنيتها. وذاك كان هو الهدف من التجربة المعروفة باسم تجربة Genesis في ميدان بيولوجيا النمو التي تستعمل les pleurodèles لأجل تحليل إمكانات الإخصاب والتطور الجنيني (العام منه والعصبي العضلي والدهليزي).

وأما في مجال علوم المادة، فإن حالة الثِّقالة الصُّغرية تحدث أثرا في المادة، وذلك من خلال الحالات المائعة التي تنزع عنها تلك الحالة خاصية ضغط السوائل السكوني (pression hydrostatique)، وخاصية الحركة الناتجة عن تغير درجة الحرارة، وكذا خاصية الترسب. وقد كان الهدف من إقامة مختبر Alice II المتخصص في فيزياء الموائع، وضع أسس نظرية لميكانيكا الموائع الكثيفة القابلة للانضغاط الشديد، عبر استغلالٍ أمثل للنقطة الحرجة المتمثلة في الانتقال من الحال الغازية إلى الحال السائلة، وذلك فيما تعلق بالموائع الخالصة (fluides purs). وقد جرى نقل النتائج المحصل عليها في هذا المجال إلى ميدان الصناعة، مما أتاح

لشركة Air Liquide تحسين عمليات تدبير خزانات الضغط ما فوق الحرجة على متن صاروخ Ariane V، وكذا خزانات غاز الكزينون ما فوق الحرجة في صواريخ الدفع العاملة باليونات. وتمثل هذه النتائج مساهمة لأبحاث حالة الثِّقالة الصُّغرية في تطوير مجالٍ ذي فوائد اقتصادية اجتماعية يشهد بها نجاح العديد من تطبيقات التكنولوجيات الفضائية، كما يشهد بها حصول المسؤولين العلميين في التجربة على جائزة Gaz de France من قِبل أكاديمية العلوم الفرنسية في عام ٢٠٠٠، التي كافأتهم بذلك على ما أفضت إليه تطبيقات تجاربهم من تطوير لتقنيات استخراج الغاز الطبيعي وتخزينه.

وأما في مجال علوم الكون، فقد تمثلت التجربة المعروفة باسم Comet في تجميع عينات من الغبار الكوني السابح في مدار حول الأرض، قصد التمكن من إخضاع مكونات النظام الشمسي الأولية هذه للتحليل الكيميائي قبل أن تتفاعل مع غلاف الأرض الجوي. وقد أتاحت هذه التجربة - التي أجريت خارج جسم محطة MIR في نوفمبر من عام ١٩٩٨ - التقاط ذرات من الغبار من سرب Léonides أصلها من ذيل المذنب Temple-Tuttle، وهي ذرات سيتمكن العلماء من إخضاعها للدراسة بفضل أدوات التحليل وآلياته المتطورة الموجودة على الأرض. أما التجربة المعروفة باسم Exobiologie، فتمثلت في تعريض أجسام ذات طبيعة عضوية - أحماضا أمينية وبكتيريا - لظروف الفضاء الخارجي بغرض معرفة مدى استقرارها في ذلك المحيط وكيفية تصرفها حيال ما يطبعه، خصوصا الإشعاعات الشمسية ما فوق البنفسجية، وذلك بقصد التحقق من الفرضية القائمة على كون الأرض قد استقبلت أحماضا أمينية قادمة من الفضاء.

وسوف يجري عرض نتائج المهمات الفضائية الدولية المنجزة على متن محطة MIR - وبخاصة منها نتائج مهمة Perseus الأخيرة - أمام جمع علمي دولي، وذلك في مارس من عام ٢٠٠١، في مدينة ليون الفرنسية، بما يتيح تقييم تلك النتائج والاستعداد لاستعمال المحطة الفضائية الدولية استعمالا أمثل.

الفوائد المجتناة على المستوى الطبي

لقد أتاح المجال التجريبي الفضائي لعلماء الحياة أن يعرفوا المزيد عن الإنسان وعن السبل التي ينتهجها جسمه في التأقلم مع محيطه، مما سمح بنقل تلك المعلومات إلى المجال الطبي، وبخاصة ما تعلق منها بتدني نسبة المعادن في العظام وتنظيم عمل القلب والأوعية الدموية وضمور العضلات. كما أن هذا المجال التجريبي يتيح تحقيق خطوات في تطوير تكنولوجيات التطبيب، مع ما يستتبعه ذلك من إنجازات صناعية. فهناك آلات جرى تطويرها للعمل في الفضاء بتصغير حجمها، وهي تُستعمل اليوم في المستشفيات، علاوة على أن المساعدة الطبية والتطبيب عن بعد - اللذين طورا لخدمة رواد الفضاء - يمكن استعمالهما لمراقبة صحة المسنين أو لتطبيب مرضى يقيمون بعيدا عن الطبيب.

تقدر العائدات الصناعية من نقل تكنولوجيا الفضاء إلى مجال الطب بما يزيد عن مليار دولار سنويا في الولايات المتحدة وحدها. ولنضرب في ذلك مثالا بالآلة المعروفة باسم holter، وهي آلة طورتها وكالة الفضاء الأمريكية أثناء الإعداد لرحلة Skylab، تتيح تسجيل أربع وعشرين ساعة متتالية من التخطيط الكهربائي القلبي. فقلّ أن تجد مستشفى أو عيادة متخصصة في القلب غير مجهزة بهذا النوع من الآلات. وقُل مثل ذلك في مضخات الأنسولين القابلة للزرع في الجسم، والتي خرجت من رحم أبحاث وكالة الفضاء الأمريكية في مجال المراقبة في الفزيولوجيا الحيوانية.

أما في فرنسا، فإن العائدات الصناعية تقدر بنحو ستين مليون فرنك فرنسي في السنة. فقد كان لمركز الدراسات الفضائية الوطني الفرنسي الفضل - عبر برامج البحث المعروفة باسمRecherche et Technologie، وكذا عبر التطورات المحققة أثناء الإعداد للرحلات المأهولة - في ظهور مقاولات صغيرة ومتوسطة متخصصة في إنتاج الآلات الطبية وتسويقها، نذكر من بينها شركة Vermon المتمركزة في مدينة "تور"، وهي شركة متخصصة في صنع المسابير (sondes)

العاملة بالأمواج فوق الصوتية، والمستعملة في مجالات أمراض القلب والأمراض التناسلية، وشركة Diatecnic المتمركزة في مدينة "مرسيليا"، وهي متخصصة في صنع آلات قياس سرعة الدم المستعملة في مجال أمراض القلب والأوعية الدموية، وشركة Gip Ultrasons في "تور" كذلك، وتعمل في البحث في تكنولوجيا الأمواج ما فوق السمعية في مجال التصوير الطبي، وشركة Steel المتمركزة في "مازير"، وهي متخصصة في آلات تحديد كميات الأشعة، المستعملة في مجال الطب النووي.

واليوم وقد اقترب ميعاد البدء في استغلال المحطة الفضائية الدولية، فإن محاور بحث جديدة بدأت تتضح معالمها في الأفق، منها ما هو من صميم البحث العلمي، مثل مبادئ الفيزياء الأساس، ومنها ما ينحو نحو استعمال غير تقليدي للفضاء، مثل التطبيقات في مجال وسائط الاتصال المتعددة أو مجال التربية. ولقد بلغ هذا البرنامج اليوم مداه، ولسنا نشك في أن وكالات الفضاء والمجتمعات العلمية ستعرف جميعها كيف تستفيد استفادة مثلى من هذا المختبر الفريد من نوعه.

الفضاء مجالا للسباق نحو السيطرة[٣]

بقلم جاك بلامون

Jacques BLAMONT

عامل حاسم: تسارع النمو

لا شك أن المنظور التاريخي يخضع اليوم للقانون الذي أصدره Gordon Moore عام ١٩٦٥، وهو القانون الذي يبدو أنه يحكم، منذ ١٩٦٢، تطور المكونات الإلكترونية، التي تتضاعف قدراتها كل ثمانية عشر شهرا، تماما كما توقع القانون ذلك. وصلاحية هذا القانون سوف تمتد إلى ما بعد عام ٢٠١٠ بفضل تقنيات جديدة قد رسم التقنيون ملامحها وهم بصدد تفعيلها. أما فيما بعد ٢٠٢٠، فإن طرقا جديدة بالفعل سوف ترى النور، من مثل الحواسيب البصرية واستعمال جزيئات الحمض النووي أو الترانزيستور الكمي.

كانت أولى نتائج تطور المكونات الإلكترونية هي التطور الكبير الذي شهدته المعلوميات الصّغرية، إذ ارتفعت حصتها في السوق خلال عشرين عاما فقط من صفر إلى ستين بالمائة. ولئن كان هذا الانتشار السريع شيئا قد جرى التنبؤ به باكرا، فإنه لا أحد كان يتوقع ما سيكون له من أثر في مجال الاتصالات البعدية. فقد أدى دخول المعلوميات الصّغرية مجال المقاولات إلى إدخال الشبكات المحلية، التي استدعى ربطها ببعضها استعمال تجهيزات وبرانم إدارية وبروتوكولات رأت النور جميعها في الغالب في الولايات المتحدة. وفي الآن ذاته، فإن تحرير سوق الخدمات في مجال الاتصالات البعدية – الذي انطلق مع تفكيك شركة ATT الهاتفية الأمريكية في عام ١٩٨٢ – شكل واحدة من أقوى الظواهر الحاملة

---

(٣) نص المحاضرة رقم ٢٦٨ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٤ سبتمبر ٢٠٠٠.

phénomènes porteurs في المجتمع المدعو اليوم باسم مجتمع الإعلام. وقد كانت أولى نتائج إعادة البنينة الشاملة التي خضعت لها الشبكات هي ارتفاع كمية المعلومات المتناقلة عبر العالم ارتفاعا كبيرا، حيث اتبعت في ارتفاعها خطا تصاعديا أكثر تسارعا من قانون Moore نفسه، وذلك رغم أن للولايات المتحدة حصة الأسد من خدمات إنترنت، سواء فيما تعلق بأماكن المواقع أم بعدد المستعملين أم بوجهة سيل المعلومات.

في قلب هذا التطور السريع الذي تشهده التبادلات الإعلامية، يوجد عدد من العوامل الكبرى ذات الطبيعة الشاملة، سنحلل هنا الدور الذي يضطلع به واحد من أهمها شأنا، ونعني الفضاء.

أهمية التقنيات الفضائية

تعود أهمية التقنيات الفضائية في سيرورة وضعيات الخصائص المرتبطة بالتحكم في التقنيات الإعلامية إلى ثلاثة عوامل، أولها استطاعتها تقديم خدمات تغطي العالم كله، وثانيها قدرتها على تقديم خدمة داخل حدود دولة معينة دون أن تخرق بذلك مقتضيات سيادة تلك الدولة، وثالثها تعدد الحالات التي لا يكون فيها عن التقنية الفضائية غنى لأجل إنجاز بعض الوظائف.

لقد لخصت أسبوعية Jane’s Defense Weekly الوضع في المجال العسكري حين قالت إن "السيطرة على فضاء الإعلام أمر يكتسي بالنسبة إلى من يدير نزاعا أهمية تعادل الأهمية التي كانت في الماضي للسيطرة على بقعة أرض أو على الأجواء في منطقة النزاع." ويمكن للمرء أن يستعيد عبارة هذه الأسبوعية معدلا إياها بعض التعديل ليصف بها الأمر في المجال المدني فيقول إن "السيطرة على الإعلام هو اليوم، بالنسبة إلى الاقتصاد والثقافة، من الأهمية على الدرجة التي كانت عليها القوة السياسية بالأمس."

إن الأقمار الاصطناعية هي الوسيلة التي يمكن بفضلها أن يتاح للمستعملين جميعهم الوصول إلى المعلومات على نطاق عالمي كوني، سواء أكان المستعمل مقيما في مدار حضري أم في منطقة ريفية أم في مكان ناءٍ منعزل. فتلك الأقمار قادرة على توفير تغطية شاملة وآنية، بما يجعلها قمينة بإتاحة إمكان للوصول على المستوى الكوني إلى الثقافة والمعرفة، علاوة على الدخول إلى إنترنت وإلى بنوك المعطيات.

ذلكم هو الهدف المرسوم في عمليات غزو الفضاء: السيطرة على العالم عبر السيطرة على سيول المعلومات. والحاصل اليوم أن الولايات المتحدة قد اتخذته اليوم هدفا.

فلئن كان من الممكن فيما ما مضى وضع النوايا الهيمنية لدى الأمريكيين في هذا المجال موضع الشك، فإن ذلك لم يعد اليوم ممكنا، بعد أن حددت الإدارة الأمريكية أهداف سياستها الفضائية في وثيقة نشرتها في سبتمبر من عام ١٩٩٦. أما ما فرضته وزارة الدفاع الأمريكية من إعادة تنظيم الصناعة الفضائية الأمريكية – وهو ما أفضى إلى نشوء شركات عملاقة من طراز Boeing و-Lockheed Martin، فلم يؤد سوى إلى زيادة قبضة الدولة تحكما في الفضاء المدني، الذي يُنظر إليه بصفته أداة للهيمنة، مثله في ذلك مثل نظيره العسكري.

إن السياسة الأمريكية تنحو نحو الهيمنة على مجتمع الإعلام عبر التحكم في سيول المعلومات، وذلك من خلال ثلاثة أنواع من الأنظمة الفضائية (أي الاتصالات البعدية والتجوال والاستشعار البعدي) موزعة على أنظومات مدنية/عسكرية واسعة الانتشار. ويُعد تهميش قدرات الدول الأخرى في هذه المجالات الثلاثة هدفا من الأهداف الأساس المرسومة للسنوات القادمة.

بذلك دخل مفهومان جديدان أصبحا يحتلان من الفكر السياسي الأمريكي مكانة القلب، هما الهيمنة الإعلامية، ورديفتها وإحدى أهم مكوناتها، الهيمنة على الفضاء. ويعتزم الأمريكيون، لأجل تحقيق هذا الهدف، وبفضل الموقع الذي

يحتلونه قوةً عالمية عظمى، فرض نموذجهم على المجتمع، وهم لأجل ذلك ينفقون في مجال الفضاء خمسة أضعاف ما ينفقه الأوروبيون.

الأنظومات الفضائية

كانت التطبيقات في مجال الفضاء بادئ ذي بدء محــدودة جــدا، إذ كانــت تقتصر مثلا على ربط اتصالات بعدية هاتفية بين نقطة ونقطة في أوروبــا. أمــا الآن، فقد أضحى الهدف إقامة ارتباطات على المستوى العالمي، أي القــدرة علــى تيسير الارتباط لكل من يرغب في ذلك، سواء أكان المستعمل هيأة مهنية أم شخصا خاصا. فالأنظومات الفضائية – التي يتكون كل منهــا مــن عــدد مــن الأقمــار الاصطناعية – مطلوب منها من الآن فصاعدا الاضطلاع بوظائف رئيسة ثــلاث، أولاها نقل المعلومات لحظيا بين أية نقطتين من الكرة الأرضية، وثانيتهــا تغطيــة الفضاء الأرضي تغطية تامة ودائمة (بمعنى أن يكون هناك في كل وقت، وفــوق كل نقطة من الأرض، قمر اصطناعي يؤدي وظيفة معينة)، وثالثتها القوة (أي قدرة النظام على إنجاز ما يوكل إليه من وظائف، إنجازها دون انقطاع).

يعود بنا هذا إلى مفهوم جديد خلقته ضرورة إنجاز هذه الوظــائف الــثلاث، ونعني مفهوم الأنظومة. والأنظومة مجموعة من الأقمار الاصطناعية المتشــابهة، توضع في مدارات على مستويات مختلفة، مع مراعاة وضع العدد نفسه من الأقمار على كل مستوى، مما يتيح تغطية شاملة للأرض واتصالا مستمرا مع المستعمل.

وتستعمل الأنظومات ثلاثة أنواع من المدارات: مدار منخفض يعرف باســم LEO، بارتفاع يتراوح بين ٧٠٠ كلم و ١٥٠٠ كلم، ومدار متوسط يعــرف باســم MEO، بارتفاع يتراوح بين ١٠٠٠٠كلم و ٢٠٠٠٠كلم، وأخيرا المــدار الأرضــي الثابت المعروف باسم GEO، والموجود فوق خط الاستواء، حيث تــدور الأقمــار الموضوعة عليه بالسرعة الدائرية نفسها التي تدور بها الأرض، مما يجعــل تلــك الأقمار تبدو للناظر إليها من الأرض كأنها ثابتة لا تدور.

أنظومات الاتصالات البعدية

تعد الاتصالات الفضائية عبر أمواج الراديو أهم القطاعات التطبيقية الفضائية. فالحصة التي تعود إلى الفضاء في شبكات الاتصال (ثلاثة بالمائة اليوم، قد تصبح عام ٢٠٠٥ سبعة بالمائة، ومن ١٢ إلى ١٤ بالمائة من قطاع الخدمات) تمثل نشاطا اقتصاديا أصبحت الأرباح المجتناة منه كافية لجعل أقمار الاتصالات منتوجات تجارية تمولها السوق.

ثلاث ملاحظات تفرض نفسها.

أولاها أنه إذ كان الجانب الأعظم من الأنشطة الفضائية، أي أقمار الاتصالات الاصطناعية، لم يعد ممولا من قبل الدولة عبر الوكالات الفضائية الوطنية، بل صار تمويله يعتمد على السوق، فإنه ينبغي أن لا ننسى أن السوق المالية العالمية الوحيدة يوجد مقرها في Wall Street. فكل المكاسب التي حققها بنك الاستثمار مؤخرا صبت في مصلحة فاعلين كانوا قبلها متفوقين على غيرهم فزادتهم عليهم تفوقا، فانطلق الفاعلون الأمريكيون أو المتأمركون يغزون العالم، تسندهم في ذلك حيوية عاصمتهم المالية ونشاطها، فاخترموا لأنفسهم حصة الأسد من أسواق لندن وباريس وفرانكفورت، بصفتهم مخاطبين لكل المدراء الماليين في المؤسسات الكبرى وكل كبار المستثمرين.

أما الملاحظة الثانية، فتتعلق بحجم البرنامج العسكري الفضائي الذي ترسمه الولايات المتحدة. فعلى حين لا تزيد ميزانية وكالة الفضاء الأمريكية ١٣،٥ مليار دولار سنويا، فإن ميزانية البرنامج الفضائي السنوية لدى وزارة الدفاع الأمريكية تتجاوز ١٥ مليارا من الدولارات. والواقع أن عائدات البرامج العسكرية تمول التجهيزات المدنية الجديدة. وتنتهج الولايات المتحدة منذ عام ١٩٩٤ سياسة اللعب على الوترين معا في برامج البحث والتطوير (R&D) والاتصالات البعدية الفضائية العسكرية، التي تتمتع بميزانيات مهمة وتعمل تحت رعاية وزارة الدفاع.

ويختلف الوضع في أوروبا عن ذلك اختلافا كبيرا. فالأسواق العمومية - التي شكلت على مدى زمن طويل أهم مجالات النشاط بالنسبة إلى رجال الصناعة الأوروبيين، والتي أتاحت لهم تطوير كفاءاتهم بما مكنهم من توظيف تلك الكفاءات على وجهٍ مشرف في أسواق التصدير - قد تأثرت بانخفاض الميزانيات، سواء المدنية منها أو الموجهة إلى البرامج الفضائية العسكرية، كما يتضح ذلك على سبيل المثال من حال فرنسا التي خفضت إلى حد كبير من جهودها في مجال الفضاء، حيث انخفضت نفقاتها في ميدان البحث العسكري الفضائي إلى النصف خلال ثلاث سنوات. ولا يؤثر تخفيض الميزانيات هذا في البرامج وحدها، بل وكذلك في ميزانيات البحوث السابقة على تلك البرامج. ففي المجال المدني يلاحظ المرء كيف أن ميزانية معهد البحوث الفضائية الوطني الفرنسي CNES بقيت مستقرة لا تتغير، لا بل وكيف أصبحت مؤخرا في انخفاض مستمر، وكيف توقف التمويل الذي كانت تسهم به شركة France Télécom في دعم البحث والتطوير في مجال الاتصالات البعدية. ... Charges utiles en matière de

وأما الملاحظة الثالثة والأخيرة، فهي أن الوصول إلى الفضاء دون أية قيود سياسية مسألة يضمنها اليوم للأوروبيين مركّب Ariane-CSG (اختصارا لعبارة champ de tir guanais، أي "منصة الإطلاق الغويانية"). فقد برهن هذا المركب على أنه منتوج تجاري مربح وناجح نجاحا جعله قادرا على الاستمرار دون كبيرِ عونٍ مالي من قِبل الميزانيات العمومية، يضمن استمرارَه رقم أعمال تجاري في مجال التصدير يناهز مليارا من الدولارات. غير أنه، في عام ١٩٩٩ مثلا، خصصت خمس عمليات إطلاق لصاروخ Ariane من أصل تسعٍ لإطلاق أقمار اتصالات أمريكية. أما منصة Kourou الروسية، فلولا ما تربحه من الزبون الأمريكي الكريم لاضطرت إلى إغلاق أبوابها دون إبطاء.

هذه الهيمنة الأمريكية على الاتصالات البعدية الفضائية سائرة إلى ازدياد، إن قريبا أو بعد حين، اللهم إلا إذا حالت دون ذلك استفاقة للحكومات الأوروبية لسنا نظنها واردة.

واليوم فإن الاتصالات تجري إما عبر الحبال أو عبر الأقمار الاصـطناعية. ورغم أن حجم الاستثمارات في مجال الألياف البصرية يفوق نظيره فـي مجـال الفضاء بنحو خمس عشرة مرة (حيث تتضاعف قدرة نقل المعلومات عبر الحبـال الممتدة تحت البحار على المستوى العالمي كل سنتين منذ ١٩٩٦)، فـإن المكانـة المنتظر أن تحتلها الأقمار الاصطناعية غدا في سباقها مـع الشـبكات الأرضـية مضمونة على الأقل في مجالين:

أولهما مجال النقل المعروف باسم النقل من النقطة الواحدة إلى نقاط متعـددة transmissions point à multipoints، أي النقل المباشـر، عبـر التلفزيـون أو الراديو الرقمي، إلى مستعملين خواص. وقد حققت الأقمار الاصطناعية فـي هـذا المجال نجاحا كبيرا.

وثانيهما مجال النقل المعروف باسم النقل ذي الحزمـة العريضـة bande large الذي يتيح نقل كميات كبيرة من المعلومات، كما يتيح نقل الصور ثابتـة أو متحركة أو الجمع ما بين المعطيات والصورة والصوت. وهو مجال يشـهد اليـوم نموا لن يطول به الزمن حتى يؤدي إلى اختناق في القنوات سيفرض استعمال كـل الوسائل المتاحة، أكانت فضائية أم كانت على الأرض.

أما إنترنت، فإن نموه السريع سيفتح له في مدى أقل مـن خمـس سـنوات أبواب الشبكة الفضائية. وتلك مسألة قد بدأت بالفعـل تتحقـق بفضـل الإمكانـات التكنولوجية المتاحة اليوم. ففي أوائل عام ١٩٩٧، لم يكن لسوق الإنترنت وجـود في عالم الأقمار الاصطناعية، أما اليوم، فإن ١١ في المائة من المصرّفات تستعمل قمرا اصطناعيا من أجل الارتباط بمرجع backbone من مراجع إنترنت.

ويظهر تفوق الأقمار الاصطناعية السابحة في مدار ثابت GEO جليـا فـي المجالين معا، مجال النقل من نقطة واحدة إلى نقاط متعـددة، ومجـال النقـل ذي الحزمة العريضة. وتسبح اليوم ٢١٩ من هذه الأقمار في مدارها مؤدية وظائفهـا،

في حين ينتظر أن تلحق بها ٢٥ إلى ٣٠ من مثيلاتها كل سنة حتى عـــام ٢٠١٠. وقد حققت صناعة هذا النوع من الأقمار أرباحا بلغت في عام ١٩٩٨ ستة وســـتين مليارا من الدولارات، وجاوزت أرباحها السبعين مليارا في العام الذي تلاه، وهـــو رقم يُتوقع له أن يزداد بنحو الخمس عام ٢٠٠٠. ويعود الفضل في هذا النمو إلـــى نمو الخدمات، التي يبلغ رقم معاملاتها عشرين ضعفا من رقم معـــاملات صـــناعة الأقمار.

أنظومات الملاحة وتحديد المواقع

تُعد الملاحة المعتمدة على الأقمار الاصطناعية حالةً يضرب بها المثل فـــي الإستراتيجية الفضائية. فنظام GPS الأمريكي ونظيره نظام GLONASS الروسي يزودان اليوم ملايين المستعملين بمعلومات آنية عن مواقعهم حيثما كانوا، عـــلاوة على أن كثيرا من التطبيقات تستعمل الوقت الذي توزعه تلك الأنظومات، وبخاصة من أجل ملاءمة التوقيت synchronisation بين المحطات الرابطة بـــين شـــبكات الهواتف المحمولة.

وقد بدأت أميركا والاتحاد السوفييتي تطوير تقنية التجوال وتحديـــد المواقـــع عبر الأقمار الاصطناعية في بداية الأمر لأغراض عسكرية، ثم اتضح مـــا كـــان بإمكان هذه الأنظومات إسداؤه من نفع وفائدة للناس على النطاق الواسع، مما جعلها اليوم تمتد خارج مجال الهدف المرسوم لها، لتفرض نفسها خدمةً مـــن الخـــدمات واسعة الاستهلاك، يُلجأ إليها ويُعتمد عليها في شتى القطاعات الاقتصادية. ونـــذكر من ذلك ما يُرسم له اليوم من وضع مجمل حركة الطيران المدني تحـــت مراقبـــة نظام GPS.

هذه التقنية تعد اليوم وقفا على الولايات المتحدة الأمريكية، حيث جرى، بناء على الأمر الصادر عن البيت الأبيض عام ١٩٩٦، إخضاع نظـــام GPS لســـلطة الطيران الحربي الأمريكي. ولا شك أن وجود احتكار عالمي في مجـــال التجـــوال

يهدد بخلق علاقة اتكالية إستراتيجية في عدد كبير من الميادين التـي لهـا صـلة بالسيادة الوطنية، منها مثلا ما تعلق بمجمـوع حركـة الطيـران، المدنيـة منهـا والعسكرية.

وعلاوة على التطبيقات الأرضية التي جرى ذكرها، فإن باسـتطاعة نظـام GPS أن يدخل كذلك حتى في إنشاء أنظمة فضـائية أخـرى. ويجـري بالفعـل استعماله في أداء وظائف أساس عديدة تدخل في عمل بعض الأقمار الاصطناعية. وهكذا يتضح الشكل الذي سيصبح عليه الفضاء غدا، حيث سـيكون هنـاك نظـام فضائي مترابط، تكون فيه وظائف تحديد المواقـع وملاءمـة التوقيـت ومراقبـة المواقف والتحكم عن بعد وإعادة التشكيل كلها موكلة إلى أقمار خاصـة، تضـطلع بإنجازها وتزود بمعطياتها أقمارا أخرى تكون مجهزة ببعض اللـواقط الخاصـة. والولايات المتحدة كما نعلم تتحكم في نظام GPS، فهل معنى ذلك أن الأمـريكيين سيتحكمون غدا في كل الأنظومات الفضائية؟

هل ستقنع أوروبا بوضعية يتعين فيها على كثير مـن أنـواع المسـتعملين انتظار أن يُدلى إليهم بخدمات ومعلومات لا مناص منها لتسيير الأساطيل التجارية الجوية وأساطيل النقل البحري والنهري، ولا غنى عنها في عمليات الإنقاذ وتـدبير حركة القطارات وإرشاد السيارات الخاصة وسيارات الأجرة وملاءمـة مواقيـت الاتصالات وتأمين العمليات المصرفية وغير ذلك، فيما متطلبـات أمـان النظـام واستقراره غير مؤمَّنة؟

لقد قدر خبراء الاتحاد الأوروبي رقم معاملات نظام أوروبي من هذا القبيل في حوالي ١٢٠ مليار أورو بالنسبة إلى أجهزة التلقي ونحو ١١٠ مليارات بالنسبة إلى الخدمات، وذلك في مدى السنوات الثمان عشر الأولى من عمر هذا النظام فيما لو قدر له أن يقام. وهذا الرقم قد بلغ بالفعل ثمانية مليـارات بالنسـبة إلـى سـنة ٢٠٠٠. أما سوق التصدير، فيقدر رقم أعمالها بنحو ٥٠ مليـار أورو، علمـا أن قدرتها على النمو تعادل قدرة إنترنت نفسه. ذلك أن السوق لا تنحصر في الصناعة

الفضائية وحدها، بل إنها تمتد لتشمل كذلك بعض الممونين المحليين بالخدمات، وبإمكانها خلق عشرين ومائة ألف منصب شغل في القارة العجوز خلال السنوات المقبلة.

كل هذه الأسباب مجتمعة (من اقتصادية وإستراتيجية وسياسية) هي ما دفع وزراء النقل الأوروبيين المجتمعين في ١٧ يونيو من عام ١٩٩٩ إلى اتخاذ القرار بتمويل دراسات تهدف إلى إنشاء نظام ملاحة فضائي أوروبي أطلقوا عليه اسم Galileo من المنتظر أن يكون جاهزا للاستعمال في حدود عام ٢٠٠٨. وقد بدأت تظهر من الآن علامات الصعوبة التي سيكون عليها التعايش ما بين هذا النظام ونظام GPS، ذلك أن الأمريكيين لا ينظرون بعين الرضا إلى هذا المسعى الرامي إلى تحقيق استقلال الأوروبيين عنهم.

أنظومات الاستشعار عن بعد

تتمثل رحلات الاستشعار عن بعد أو المراقبة في تجميع معلومات حول سطح الأرض أو جوها، وهي معلومات تكون في الغالب على شكل صور في الحزمات المرئية أو ما تحت الحمراء أو موجات الرادار، وتدعى الأقمار التي تقوم بتجميعها الأقمارَ المصوِّرة. وتتميز هذه المعلومات بخاصية الثنائية، أي أنها تعود بفوائد جمة على التطبيقات المدنية والعسكرية معا.

ولقد أتى على الولايات المتحدة زمن طويل كانت فيه هذه الدولة هي الوحيدة التي تملك أقمارا مصورة، سواء المدني منها والعسكري. وهو امتياز كان الأمريكيون يولونه أهمية قصوى، فلم يعجبهم مطلقا ما قامت به فرنسا في عام ١٩٨٦ من إطلاق المشروع المعروف باسم SPOT. والحق أن فرنسا، بأقمارها من نوع SPOT المدنية المتتابعة، تليها أقمار Hélios العسكرية، قد نازعت الولايات المتحدة سيطرتها على مجال بالغ الحساسية. غير أنها لن تكون الوحيدة، إذ من المنتظر أن يتضاعف عدد الدول التي تمتلك أقمارا للاستشعار عن بعد فيما

بين عامي ٢٠٠٠ و٢٠١٠، مع قيام منافسة تجارية حول الصور التي تبلغ دقتها résolution مترا واحدا. وقطب الرحى في ذلك كله هو مدى قدرة هذه البرامج على الاستئثار بحصة من سوق الصور الفضائية التقليدية.

وليس الشأن في أوروبا وفي الولايات المتحدة واحدا. ففي أمريكا لا يجادل أحد في فائدة البرامج الممولة من قبل الخزينة العمومية، حيث تعتمد هذه البرامج على بنيات حكومية يُرمى من ورائها إلى مركزة مجموع الطلب، بما يجعل منها فاعلا لا يمكن الاستغناء عنه في سوق الصور على المستوى العالمي. وفي الآن نفسه فإن برامج ذات توجه تجاري ترى النور، بفضل حرص الحكومة الأمريكية على تشجيع المبادرات الخاصة الرامية إلى غزو سوق الدقة البالغة مترا واحدا، وقد جرى وضع القمر الاصطناعي Ikonos في مداره عام ١٩٩٨ لهذا الهدف، وهو قمر مجهز بلاقطة صور من هذا النوع، تضمن وكالات الاستخبارات الأمريكية والبنتاغون شراء نصف الصور التي يقوم بالتقاطها، فيما تستعد شركتا Erth Watch وOrbital Imaging لإطلاق أقمار مشابهة في ٢٠٠١. والهدف المرسوم هو كما لا يخفى تجفيف موارد سوق SPOT.

أما رد الأوروبيين على هذا الهجوم فجاء مطبوعا بالارتباك. فمن جهة، لم تنتبه السلطات جيدا إلى ضرورة الاجتهاد، اعتمادا على التمويل العمومي، في الإبقاء على عمليتي تجميع صور SPOT الفضائية وبيعها، ومن جهة أخرى، فإن مشروع التعاون مع ألمانيا، الذي كان يتوخى إضافة أقمار مراقبة تعمل بالرادار إلى الأقمار المصورة من نوع Hélios المطورة من قِبل فرنسا وإيطاليا وإسبانيا، لم يكتب له التحقق.

ويبدو أن ما ينبغي البدء به هو تصور نظام فضائي ثنائي (أي مدني وعسكري) يتمتع بما يكفي من المحاسن لجعل عدد من الدول الأوروبية تقتنع به وتتفق في شأنه. وهذا يعني أن أول ما يجب الاهتمام به هو الاستجابة لحاجات المستعمل العسكري التي تتلخص كما أسلفنا في نقل المعلومات لحظيا بين نقطتين

أينما كانتا من الكرة الأرضية، وتغطية الفضاء الأرضي تغطية تامة ودائمة وتمتع النظام بالقوة robustesse.

وتلك حاجيات لا يمكن لغير الأنظومة الفضائية الاستجابة لها. وأيا كان نوع التصورات والمفاهيم التي سيكتب لها أن ترى النور مستقبلا، فإن مما لا شك فيه أنه في عام ٢٠٠٥ ستكون هناك أنظومات اتصالات بعدية يمولها ويسيرها فاعلون تجاريون يبيعون خدمات في مجال الوسائط المتعددة. ولذلك فإن إنشاء أي خدمة فضائية أخرى ينبغي أن يقوم بناء على وجود هذه الأنظومات. وهذا ما سيؤدي مرة أخرى إلى قيام نظام فضائي متداخل الأجزاء يستدعي تعاون الأنواع الثلاثة من الأنظومات فيما بينها.

النظرية الأمريكية في شأن أبحاث الفضاء العسكرية

تبنت وزارة الدفاع الأمريكية مفهوما عن حرب الإعلام تجري في إطاره قيادة النزاعات والانتصار فيها في ميدان الإعلام، سواء أكانت تلك النزاعات مسلحة أم غير مسلحة. ويعتمد الأمر كله على مفهوم الارتباطية connectivité الذي يتيح لكل فاعل، سواء أثناء تدبيره الأزمة السابقة على النزاع أم أثناء وجوده في ساحة المعركة، الوصولَ بشكل آني إلى كل مصادر المعلومات التي يستدعيها عمله وعمل كل الفاعلين الآخرين الذين يجب أن يكونوا على علم بهذا العمل. ومن يأخذ هذه الاعتبارات في الحسبان يتضح له الدور المحوري المنوط بأبحاث الفضاء في التخطيط العسكري الأمريكي، فلا يجد غرابة في كون وزارة الدفاع الأمريكية تلح في مخططاتها المعروفة باسم Vision 2010 وVision 2020 على الفكرة التي مؤداها أن الفضاء سوف يضطلع في المستقبل بدور رئيس في كل الوظائف العملية العسكرية.

ويمثل الملحق Joint Vision 2010 النظرة المستقبلية التي تبنتها عام ١٩٩٦ القوات المسلحة الأمريكية، وهي نظرية تقوم على أربعة مفاهيم إجرائية،

في تقطيع تضطلع فيه الاعتبارات المرتبطة بسيول المعلومات بدور رئيس. وترتبط المفاهيم الأربعة برباط التفوق الإعلامي Information Superiority، أي القدرة على تجميع سيل لا يتوقف من المعلومات، ومعالجة تلك المعلومات وإعادة نشرها. ويتوسع ملحق Joint Vision 2010 في شرح التفاصيل فيما تعلق بالوسائل الأساس الكفيلة بتفعيل المفاهيم الأربعة، فلا يتوانى في تأكيد أنها تقوم جميعها على استعمال الأنظومات الثلاث التي جرى الحديث عليها، ونعني أنظومات الاتصالات البعدية والملاحة والاستشعار عن بعد.

بذلك تكون وزارة الدفاع الأمريكية قد طورت نظرية عسكرية تعتمد في مجملها على كلمتي "التفوق الإعلامي" مع رفع قدرهما لتصبحا "الهيمنة الإعلامية". لكن إذا كان هذا التفوق يقوم على الوسائل الفضائية، فإن ما لاجدال فيه أن الوسائل الفضائية لاتقوم مقام القوات المسلحة التي ينبغي لها أن تكون في ميدانها متفوقة على قوات الخصم.

وقد ترجمت USSPACECOM، قيادة القوات العسكرية الفضائية الأمريكية، في نظرية Joint Vision 2020، نتائج نظرية Joint Vision 2010 بالنسبة إلى القوات المسلحة الفضائية الأمريكية. وقد وردت الأفكار الرئيسة من تلك النظرية في مذكرة لوزير الدفاع في ٩ يوليو من عام ١٩٩٩، وهي تقوم على أربعة مفاهيم إجرائية مستنبطة من رحلة Space Command، كلها مفاهيم إجرائية لمنظور Joint Vision 2010 ولما يمكن أن يكون عليه شكل المحيط الإستراتيجي في المستقبل.

من السهل حمل الاهتمام الذي توليه الولايات المتحدة للمكون الفضائي في قواتها المسلحة على محمل اللهو، واتخاذه مادة للسخرية والاستهزاء. ذاك ما يفعله كثير من العسكريين الأوروبيين ذوي المكانة الرفيعة، معلقين بقولهم إن تلك السياسة "تولي للتقنية مكانا أكبر من الذي تستحقه، على حساب المحاربين". ولسنا لنجاريهم في انتقاداتهم هذه. فالأمريكيون يحتلون مكان الصدر بين القوى الفضائية

العالمية، وهم علاوة على ذلك أدرى بما تشهده تقنيات الإعلام في بلادهم من تقدم وتطور وأقدر على فهمه، ناهيك عن أن لديهم في مجموعات الخبراء المعروفة لديهم باسم Think tanks ما ليس لدينا من خلايا للتفكير ومصادر للأفكار، مما يجعلهم على حق في تطويرهم نظرية الحرب الإعلامية. فأين يا ترى أنظمة RAND وDARPA التي لدينا من كل ذلك؟ ليس من الصعب التنبؤ بأن هيمنة الولايات المتحدة على الإعلام سوف تتيح لها بسط هيمنةٍ جيوسياسية عمادها القوة العسكرية والاقتصادية الأمريكية، يكون في ظلها حلفاء أمريكا المؤهلين من الناحية التقنية لفهم الأوامر وتنفيذها، مجرد جنود يقاتلون في صفوف سادتهم، في معارك يدلي فيها الأمريكيون بالمعلومات ويَعرض فيها الحلفاء لحم جنودهم للمدافع تأكله.

خاتمة

إن الأوروبيين لا غنى لهم عن الفضاء يغزونه ويخططون لاستعماله والتحكم فيه، ذلك أن ضرورة التحكم في سيل المعلومات أضحت اليوم حقيقة لا يجادل فيها حتى أعصى الناس عن الإقناع، بصفتها ضرورة إستراتيجية تفرض نفسها على كل الأمم التي تطمح اليوم إلى الاضطلاع بدور ما على ساحة الأحداث العالمية.

إن التحكم في الفضاء المدني عنصر رئيس من عناصر القوة والاستقلال لا يجوز لدولة أن تهمله ولا أن تتغاضى عنه. فإذا اتفقنا على ذلك سهل أن نفهم أن أولى أولويات السياسة الفضائية الأوروبية هي التوفر على نظام إطلاق مستقل، أي آلية إطلاق ومنصة إطلاق تكونان تحت السيادة الأوروبية، وتتخصصان في نقل المعلومات. ولقد أبانت السياسة الفرنسية المعتمدة على منصة Ariane المتخصصة في إطلاق أقمار نقل المعلومات، أبانت عن صحتها وعن بعد نظر راسميها، وينبغي لذلك الحرص على استمراريتها، رغم أن الحكمة منها إستراتيجية وليست اقتصادية.

فسوق الأقمار الاصطناعية في أوروبا أصغر من أن تستطيع ضمان مردودية اقتصادية من مركب Ariane5-Kourou. ولو شاءت فرنسا وباقي الدول الأوروبية أن لا تمارس إلا التجارة لتعين عليها أن توقف إنتاج Ariane وتقفل منصة الإطلاق في Kourou ثم تعتمد بعد ذلك في إطلاق أقمارها على منصة Baïkonour أو Plessetsk، بعد الحصول على إذن الحكومة الكازاخستانية أو الروسية.

ما الخلاصة التي ينبغي الخروج بها يا ترى؟ إن الصعوبات والعوائق التي تقف اليوم وسوف تقف غدا في سبيل دعم النشاط الفضائي الأوروبي، تعود إلى سبب واحد، هو أن هذا النشاط يحاول الطيران عبثا بجناح واحد، وأنه يلزمه ثاني الجناحين كي يستطيع الإقلاع. فلا سوق الخدمات المدنية كما هو اليوم مطبوعا بالهيمنة الأمريكية، ولا علوم الفضاء، ولا إرسال البشر إلى الفضاء بمستطاعها الحفاظ على المجهود الفضائي في مستوى مستقر. فلا مناص للنشاط الفضائي، إن هو شيءَ له أن يكون نافعا وقويا، من مكون عسكري ذي حجم يساوي على الأقل حجم المكون المدني.

والحل إذن هو إنشاء مكون فضائي عسكري أوروبي لا جدال في أنه يحمل في ذاته علة وجوده.

غير أنه ليس هناك في أوروبا لسوء الحظ من فكر إستراتيجي، وعسكري خصوصا، مكيف مع السرعة التي تسير بها التطورات التقنية. فعلى حين يجري بذل مجهود فكري جبار في الولايات المتحدة في هذا المجال، فإن وزارة الدفاع الفرنسية لا تؤمن بالأهمية البالغة التي تكتسيها الوسائل الفضائية في قيادة الحروب في المستقبل، وتفضل عليها الوسائل التقليدية التي تقاد بها بطبيعة الحال المعارك.

ينبغي العودة بالمسألة إلى جذورها، أي إلى مستوى الأفكار. فكيف السبيل إلى إدماج التطور العلمي والصناعي في عملية التحيين المستمرة التي تشهدها

نظريتنا ووسائلنا؟ ما الدور الذي ينبغي لنا أن ننيطه بالوسائل المدنية، من قبيل الأنظمة الفضائية التجارية العاملة في مجال الاتصالات البعدية اليوم وفي الملاحة بأصنافها غدا؟ وفوق هذا وذاك، فإنه يتعين علينا أن نضع هذا التحليل في إطار منظور تركيبي تولى فيه إلى الفضاء - بصفته السيد المتحكم في مجال الإعلام - مكانة الصدر بما هو نظام للأنظمة ونبع تستقي منه جميع أصناف القوة نزولا حتى مستوى المسرح.

الباب السادس

البطاريات والنابعات الكهربية piles والذرات والمحركات البيولوجية : أية طاقات هي ؟

البطاريات والنابعات الكهربية في محيط ثابت[1]

بقلم جون-فرانسوا فوفارك
Jean-François FAUVARQUE

فولتا واكتشاف البطارية

أصبحت الطاقة الكهربائية قابلة للاستعمال منذ اللحظة التي استطاع فيها الإنسان صناعة مولدات تنتج تيارا كهربائيا. من يومها أصبح التيار الكهربائي يُنتج ويُنقل ويُستعمل (أو يضيع) في آن واحد، وذلك لأن التيار غير قابل عمليا للتخزين.

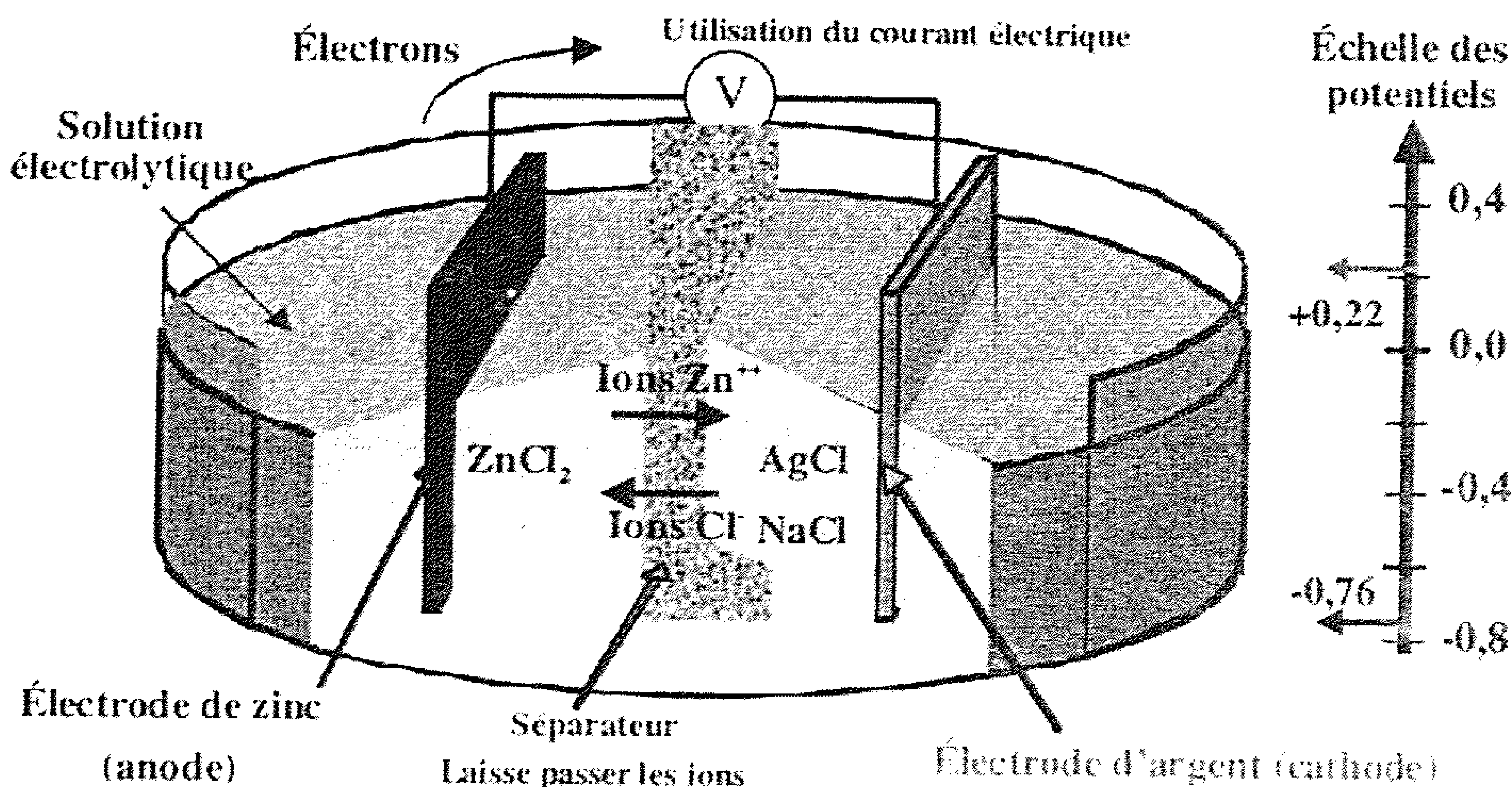
جاء اكتشاف الإيطالي Alessandro Volta للبطارية الكهربائية عام ١٨٠٠ ليضع حدا لفترة ظلت فيها الكهرباء مثار استغراب رواد الصالونات الأدبية، وموضوعا علميا لا يحسن أحد من العلماء التحكم فيه ولا شرح ظواهره. وكانت بطارية فولتا الأولى هذه عبارة عن عناصرَ مُنضَّدةٍ بعضُها فوق بعض، يتكون كل منها من أسطوانة من الزنك وورقة مبللة بماء مالح وأسطوانة من الفضة. فقد أدرك العالم الإيطالي أنه بالإمكان إنتاج تيار كهربائي عن طريق الجمع بين معدنين مختلفين بواسطة محلول مائي ناقل للتيار.

ونحن نعلم اليوم أن السطحين الفاصلين بين كل من المعدنين وبين المحلول المالح يكونان على مستويين مختلفين من الجهد الكهربي. فاختلاف طبيعة المعدنين ينتج عنه أن الإليكترونات في المعدن ذي الجهد الكهربي الأكثر إيجابا (أي ذي الطاقة الكامنة الأكثر سلبا، وهو هنا معدن الزنك) لا تستطيع النفاذ إلى المعدن ذي الجهد الكهربي الأكثر سلبا (أي ذي الطاقة الكامنة الأكثر إيجابا، وهو هنا معدن

---

(١) نص المحاضرة رقم ٢٦٩ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٥ سبتمبر ٢٠٠٠.

الفضة) عبر المحلول المائي غيرِ الناقل للإليكترونات. فالتيار الكهربي لا يمكنه المرور إلا إذا كان المعدنان مرتبطين بواسطة ناقل إليكترونات خارجي يمر عبره التيار الكهربي (انظر الشكل ١).



أما ثانية الفكرتين العبقريتين اللتين انبثقت عنهما مخيلة فولتا، فهي المتمثلة في تمكنه من الرفع من "قوة" المولد الذي اخترعه، وذلك عبر تكديس مجموعة من الطبقات البسيطة بعضها فوق بعض، في زمن كانت فيه مفاهيم من قبيل القوة والطاقة والقدرة لا تزال مبهمة غير محددة. ولما كان في بطارية فولتا أولُ استعمالٍ لخاصية القابلية للتجميع التي تتمتع بها كميةٌ grandeur مرتبطة بالكهرباء هي الجهد الكهربي الكامن potentiel، فقد أُطلق على وحدة حساب هذه الكمية الجديدة اسم المخترع الإيطالي العبقري دون الألف الأخيرة، وهو ما نعرفه اليوم باسم الفولت.

غير أن ما لم ينتبه إليه فولتا هو أن إنتاج التيار الكهربائي رهين بحدوث تغيرات كيماوية على صفحة كل من المعدنين، ذلك أن توليد التيار الكهربائي ليس في نهاية الأمر سوى تحويل للطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية.

مثال في اشتغال مولد كهركيميائي: الحاشدة العاملة بالرصاص والحمض الكبريتي رباعي الأكسجين

ملاحظة: يستحسن بالنسبة إلى القارئ غير المطلع على مبادئ الكيمياء والديناميكا الحرارية الانتقال مباشرة إلى الشرح الذي يلي

هناك ثلاثة أنواع من المولدات الكهركيميائية، سندرسها تتابعا، هي البطاريات غير القابلة لإعادة الشحن، والحاشدات القابلة لإعادة الشحن، والبطاريات العاملة بالمحروقات. ولنضرب في ذلك مثلا الحاشدة العاملة بالرصاص والحمض الكبريتي رباعي الأكسجين. فالكتلة الفاعلة الموجبة في القطب الموجب تحتوي على أكسيد الرصاص PbO2، الذي تدخل عليه الإليكترونات القادمة من الجهة الأخرى أثناء التفريغ décharge فتختزله محولة إياه إلى رابع أكسيد كبريتات الرصاص PbSO4. أما في القطب السالب، فإن الكتلة الفاعلة السالبة تحتوي على رصاص معدني، يتأكسد عند التفريغ ليصبح كبريتات رصاص، تمد المحيط الخارجي بالإليكترونات.

تنفر الإليكترونات من الجهد الكهربي السالب الكامن في الكتلة الفاعلة السالبة، فتنحو إلى الانفصال عنها للاتجاه صوب الكتلة الفاعلة الموجبة التي يجذبها إليها الجهد الكهربي الموجب الكامن فيها. غير أن ذلك لا يتأتى لها عبر الطبقة العازلة التي هي ناقل للأيونات وحدها دون غيرها، بل لا بد لها من مُجمّعات تيار مختصة في نقل الإليكترونات، تحملها نحو المحيط الخارجي. حتىّ إذا حصل ذلك مَدَّ الإليكترونُ هذا الفضاءَ بطاقة موازية لشحنته مضروبةً في فارق الطاقة بين القطبين.

في المثال الذي سقناه، يتولد عن تحول مول واحد (أي جزيء غرامي يعادل ٢٢,٤ لتر من الغاز) من الرصاص عند التفريغ طاقةٌ تساوي ٢ فراداي، تنتقل في الدارة الخارجية عبر فارق طاقة يناهز ٢ فولت تقريبا، مما ينتج طاقة كهربائية مقدارها ٠٠٠ ٣٨٦ جول، أي ١٠٧ وات/ساعة. ولما كانت هذه الطاقة الكهربائية

في حقيقة أمرها عبارة عن طاقة كيميائية محولة، فإن أقصى قيمة يمكنها بلوغها هي قيمة فارق الطاقة الكيميائية في المعادلة الشاملة التي هي كما يلي:

في القطب الموجب:



في القطب السالب:



المعادلة الشاملة:



وينتهي التفاعل المتمثل في التفريغ متى نضب معين إحدى الكتلتين الفاعلتين أو متى لم يعد النسق ناقلا للتيار الكهربائي. وفيما تعلق بالحاشدة العاملة بالرصاص، فإن التفاعلات الإليكترونية عكوسة (أي قابلة للحدوث في الاتجاه المضاد)، مما يتيح إعادة شحن الحاشدة عبر قلب اتجاه التيار لإعادة تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية.

تحتم طبيعة التفاعلات الكهركيميائية وجود أيونات وإليكترونات في آن معا، مما يقتضي أن تكون للكتل الفاعلة خاصية مزدوجة، هي القدرة على نقل الإليكترونات (وهو ما يضطلع به ثاني أكسيد الرصاص PbO2 في الكتلة الفاعلة الموجبة، والرصاص المنقسم في نظيرتها السالبة)، والقدرة على نقل الأيونات (وهو ما يتيحه الحمض الكبريتي الذي يبلل الكتلتين). ولو حدث أن تحولت الكتلتان الفاعلتان بأكملهما إلى رابع أكسيد كبريتات الرصاص غير الناقل للتيار، فإن ذلك سينجم عنه توقف النسق بأكمله عن الاشتغال.

يمثل هذا الاقتضاء المزدوج – المتمثل في القدرة على امتصاص الإليكترونات والقدرة على امتصاص الأيونات معا – خاصية عامة تميز المولدات الكهركيميائية. وهي خاصية غالبا ما يجهلها أو يتجاهلها الناس، غير أنها تفسر لماذا يظل عدد الأنساق الكهركيميائية محدودا نسبيا.

ويبين الجدول رقم ١ الخواص التي تميز أهم المولدات المستعملة اليوم:

جدول ١: نوعية وحدود المولدات الكهركيميائية

	وات/ساعة عن الكيلوغرام	وات/ساعة عن الدسيمتر المكعب	القوة	قابلية إعادة التأهيل
Zn-MnO2 alcaline	90	200		
Li-SO2	330	500	عالية	
Li-SOCl2	500-600	1200	جيدة	
معدن-هواء	أقل من ٣٠٠	أقل من ١٢٠٠	محدودة	
رصاص-حمض	٣٠-٤٠	٧٠-١٠٠	جيدة	جيدة
Cd-Ni	60	120	عالية	عالية
MH-Ni	80	180	جيدة	جيدة
H2-Ni	60-70	60-90	جيدة	عالية جدا
Zn-AgO	80-120	300	عالية جدا	ضعيفة
Na-NiCl2	80-100	140-150	متوسطة	عالية
Li-C	100-120	240	جيدة	جيدة
Li-Li(x)MO2	120-170	300	متوسطة	محدودة

مزايا الاستعمال

تمتاز البطاريات الموجودة في الأسواق، والتي نستعملها في حياتنا اليومية، بمزايا يجدر التذكير بها، وذلك لأننا اعتدناها حتى كدنا ننسى مزاياها. فهي موارد للتيار الكهربائي مستقلة ومتنقلة في غالب الأحيان (الاستقلالية)، وهي قابلة للاستعمال اللحظي (الجاهزية)، كما أنها تمد مستعملها بطاقة تتكيف لحظيا مع حاجته في حدود القوة القصوى التي تتوفر عليها (المرونة)، وهي لكونها لا

تتضمن أجزاء متحركة، تعمل في صمت (الهدوء)، وهي أخيرا ذات مقدرة محدودة بكتلتها (الأنساق المغلقة).

الاستقلالية

تعد الاستقلالية أهم مزايا البطارية، إذ تتيح للمستعمل أن يتحرر من الارتباط بالشبكة الكهربائية. ولهذه الميزة تطبيقات عملية كثيرة، نذكر من بينها بطارية زنك-هواء في الأجهزة المساعدة على السمع، وبطارية فضة-زنك التي تعمل بها ساعاتنا الكهربائية، وبطاريات الهواتف المحمولة وآلات التصوير والتسجيل، وبطاريات الإقلاع في السيارات، دون أن ننسى البطاريات التي تتيح استمرار الأقمار الاصطناعية في الاشتغال حين يحجب ظل الأرض نور الشمس عن مولداتها.

الجاهزية

تمثل الجاهزية ميزة أخرى مهمة من ميزات المولدات المستعملة اليوم. فالزمن اللازم لانطلاق اشتغال بطارية عند وصلها، أقل من جزء واحد من الألف من الثانية. وتلك ميزة لا غنى عنها بالنسبة إلى تجهيزات الأمان، من مثل مموجات التيار onduleur التي تستعمل لضمان عدم انقطاع التيار عن الحاسوب بغتة أثناء اشتغاله، وصوانات الطاقة في مراكز الاتصالات، وأنظمة الأمان في المولدات الكهربية وغير ذلك. وعلى سبيل المقارنة، فإن انطلاق اشتغال محرك ديزل مرتبط بمولد مشتغل قد يتطلب دقائق عديدة.

المرونة

تتكيف قوة البطارية بطريقة لحظية مع حاجة المستعمل، وذلك في حدود الطاقة القصوى التي تتمتع بها البطارية (ونُذكِّر بهذا الصدد بأنه من المستحسن

تجنب مطالبة البطارية بطاقة تقارب طاقتها القصوى، لأن ذلك يؤدي إلى اختلال عمل النسق، فيتحول نصف الطاقة الكيمائية إلى طاقة حرارية في داخل المولد الكهركيميائي الذي قد ترتفع درجة حرارته عند ذلك ارتفاعا كبيرا).

القوة

تتراوح قوة المولدات الكهركيميائية بين بضعة أجزاء من المليون من الوات كما هو الحال بالنسبة إلى بطاريات الآلات المساعدة على السمع، وبين كيلووات واحد لكل كيلوغرام كما هو شأن بطاريات فضة-زنك التي تمد بالطاقة الكهربائية محركات الدفع في صاروخ Ariane خلال مرحلة الإطلاق.

الهدوء

مقارنةً مع أنظمة توليد الكهرباء التقليدية التي تتضمن أجزاء متحركة تصدر أصواتا مزعجة وتتسبب حركتها في تآكلها، تتميز المولدات الكهركيميائية بكونها تشتغل في صمت تام، وتلك ميزة لا غنى عنها لتطبيقات عملية كثيرة، على رأسها الهاتف المحمول. ولنتخيل هاتفا نقالا يعمل بمحرك !

القدرة capacité

لما كانت المولدات الكهركيميائية أنساقا مغلقة، فإن قدرة كل مولد تبقى رهينة بكتلته وحجمه. وقد تبدو مسألة القدرة هذه قيدا من القيود المفروضة على الاستعمال إذ تحد من قوة المولد وصلاحيته.

وتتيح أفضل أنواع المولدات الكهركيميائية، وهي مولدات ليثيوم-كلوريدات الثيونيل، الحصول على ما يناهز ٥٠٠ وات-ساعة عن كل كيلوغرام. أما البطاريات القلوية، فتتراوح قدرتها بين ٧٠ و١٠٠ وات-ساعة عن كل كيلوغرام.

وأما أفضل الحاشدات، وهي حاشدات ليثيوم-أيون، فتعطي اليوم ما مقداره ١٥٠ وات-ساعة عن كل كيلوغرام، بينما لا تتجاوز قدرة الحاشدات العاملة بالرصاص٣٥ إلى ٤٠ وات-ساعة عن كل كيلوغرام.

أما بالنسبة إلى التطبيقات الإليكترونية التي تتطلب قدرا كبيرا من التصغير miniaturisation، فإن الطاقة الحجمية énergie volumique تعد عاملا بالغ الأهمية. وتتميز بطارية زنك-هواء (العاملة بالهواء المحيط) بأكبر كثافة للطاقة الحجمية، لكن قوتها النوعية تبقى ضعيفة، إذ تحد منها قوة القطب الهوائي.

وأما بالنسبة إلى الحاشدات، فإن حاشدات نيكل-هيدروجينات المعدن Ni-MH وحاشدات ليثيوم-أيون هي أعلى الحاشدات جميعها قدرةً حجمية. وتعد هذه الحاشدة الأخيرة بما لا قياس معه أعلى مثيلاتها قدرةً كُتلية، وهي المستعملة في الهواتف المحمولة. وأما أعلى الحاشدات قدرة على الإطلاق فهي حاشدة فضة-زنك، غير أنها لسوء الحظ ضعيفة القابلية لإعادة الشحن. وليس يفوقها أمانا ولا طولَ عُمُرٍ ولا متانةَ بنيةٍ إلا حاشدات نيكل-هيدروجين عالي الضغط، المستعملة في الأقمار الاصطناعية ذات المدار الأرضي الثابت. غير أن ثمنها الباهظ يجعل حاشدة ليثيوم-أيون تنافسها اليوم منافسة حقيقية. وأما الحاشدة الساخنة صوديوم ذائب-كلوريدات النيكل، العاملة برابع كلوريد ألومينات الصوديوم الذائب بدرجة ٣٥٠ مئوية، فهي بطلة المردودية على مستوى الفاراداي، إذ تتيح استرجاع ١٠٠% من الكهرباء التي يجري حقنها بها، وذلك بفضل عازل صلب ناقل للتيار يعمل بأيونات الصوديوم Na+. وتقدم حاشدة نيكل-كادميوم تناسبا جيدا ما بين القدرة والقوة وقابلية إعادة الشحن والمتانة والسعر. وتبقى الحاشدات العاملة بالرصاص أرخص الأنواع جميعها ثمنا وأكثرها استعمالا.

بقي أن نشير إلى أن المقارنات فيما تعلق بقدرة المولدات غالبا ما لا تُعقد بطريقة منصفة. فحين يقول قائل إن المحروقات البترولية قادرة على أن تمد المحيط الخارجي بما مقداره ١٠ كيلووات-ساعة عن كل كيلوغرام في حين لا

تتعدى الحاشدة العاملة بالرصاص ٣٢ وات-ساعة عن كل كيلوغرام، فإنه يُغفل أن يذكر أن هذا الأخير هو نسق مغلق ذو ألف دورة، وأنه بذلك يستطيع تخـــزين ثـــم إرجاع ٣٢ وات-ساعة عن كل كيلوغرام في مجموع دوراته الألف.

البطاريات (أو البطاريات الأولية primary batteries كما تدعى بالإنجليزية)

البطاريات بطبيعتها صالحة لاستعمال واحد. وتحتوي أكثر أنواعها انتشـــارا على قطب سالب من الليثيوم أو الزنك.

فأما الليثيوم، فهو معدن موجب بدرجة عالية، وهـــو قابـــل للفســـفطة فـــي الاتجاهين، كما أن كتلته الذرية ضعيفة (إذ يمكن الحصول علـــى فـــراداي واحـــد باستهلاك ٧ غرامات منه)، وذلك يجعل منه معدنا مثاليا لصنع البطاريات. وهـــو باهظ الثمن لأنه يجري الحصول عليه عن طريق التحليل الكهربائي على شكل ملح ذائب. وقد كان استعماله في الماضي وقفا على العسكريين، وبالأساس لأغـــراض التواصل، نظرا للقوة الكبيرة التي تتمتع بها بطاريـــات SO2-Li وبطاريـــات Li-SOCl2. أما اليوم فقد أصبحت لها استعمالات كثيرة في المجال المدني، وبخاصـــة فيما تعلق بآلات التصوير الفوتوغرافي مع بطاريات Li-MnO2 ذات قوة ٣ فولت وبطاريات Li-FeS2 ذات قوة ١,٥ فولت.

يعتمد عمل أغلب البطاريات ذات الاستعمال المنزلي على الزنك. والزنـــك معدن موجب بدرجة معتدلة، له طاقة كامنة تعادل ٠,٧٦- فولـــت. وهـــو بـــذلك يختزل الماء إلى الهيدروجين، غير أنه يصبح بسهولة غير فعال (أي غير متفاعـــل مع الماء)، وذلك بطريقة قابلة للانعكاس، فيعود متفاعلا كهربائيا بقدر مـــا تـــدعو الحاجة إلى ذلك. وهو يمد الفضاء الخارجي بما مقداره ٢ فراداي عن ٦٥ غراما. والزنك أكثر المعادن الموجبة استعمالا في محيط مائي. وأهم أنـــواع البطاريـــات العاملة بالزنك هـــي بطاريـــات Leclanché والبطاريـــات القلويـــة Zn-MnO2،

والبطاريات الزرية piles bouton العاملة بالفضة AgO-Zn، والبطاريات الزرية زنك-هواء، والبطاريات الكبيرة زنك-هواء المستعملة في السياجات المكهربة. ويستهلك الفرنسيون من هذه البطاريات نحو عشر في المعدل للشخص الواحد في السنة الواحدة.

ولعل من أهم مزايا الزنك أنه موجود بوفرة وزهيد الثمن. وقل الشيء نفسه في ثاني أكسيد المنغنيز MnO2، حيث إن ثمن البطارية من هذا النوع لا يتجاوز كلفة التصنيع والتوزيع. ولما كان الزنك ذا طبيعة موجبة، ورغم فسفطته القابلة للانعكاس، فإنه يتفاعل ببطء مع الماء المنحل بالكهرباء، مما يؤدي إلى تفريغ ذاتي بطيء للبطارية. وقد وجد التقنيون حلا جزئيا لهذه المشكلة، يتمثل في إضافة كمية قليلة من الزئبق إلى الزنك، غير أن هذا أصبح اليوم ممنوعا في البلدان الغربية، وذلك حرصا من السلطات على عدم نشر هذه المادة السامة في الطبيعة.

بذلك يمكن القول إن التخلص من البطاريات المستهلكة عبر رميها في حاويات الأزبال المنزلية لم يعد يمثل خطرا كبيرا على البيئة. غير أن ذلك لا يعفي أي تصور للتنمية المستديمة من ضرورة العمل على تجميع بقايا البطاريات المستهلكة قصد إعادة استعمال المواد الداخلة في تركيبها.

الحاشدات، أو البطاريات الثانوية (secondary batteries كما تدعى بالإنجليزية)

هناك حل أفضل لاقتصاد المواد التي نستعملها، يتمثل في إعادة شحن المولدات كهربائيا، أي استعمال حاشدة. فإذا فعلنا فإن كمية الكهرباء المحصل عليها عن كل كيلوغرام ستصبح أكبر بكثير منها اليوم. غير أن شرط الدورية cyclabilité يحد لسوء الحظ كثيرا من عدد الأزواج الكهركيميائية المتوفرة. ومثالا في ذلك فإننا حتى اليوم لا ندري كيف نصنع لإعادة تدوير الأقطاب المصنوعة من الزنك عددا كبيرا من المرات.

أما الحاشدات الوحيدة التي تشتغل على مدى دورات عديدة، فهي العاملة بالرصاص، وكذا الحاشدات القلوية Ni-Cd وNi-MH وNi-Fe (وهذه الأخيرة لم تعد اليوم مستعملة)، وحاشدات نيكل-هيدروجين Ni-H2 (للاستعمالات الفضائية)، وبعض الحاشدات التي تعمل في درجات حرارة مرتفعة، وأخيرا حاشدة ليثيوم-أيون Li-ion.

الحاشدات المحمولة

تميزت السنوات العشر الأخيرة بظهور حاشدات Ni-MH وLi-ion التي ستحدث ثورة حقيقية في عالم الحاشدات المحمولة. وصناعة هذه الحاشدات اليوم صناعة متطورة ومربحة، يسيطر عليها بشكل خاص اليابانيون والأمريكيون.

وقد أدى انتشار استعمال هذه البطاريات بين الناس إلى طرح مشكل تجميع المواد المكونة للبطاريات المستهلكة وإعادة استعمالها. وسيصبح هذا التجميع إجباريا في فرنسا انطلاقا من عام ٢٠٠١. فإذا ما جرت عملية التجميع، فإن إعادة استعمال المواد لن تمثل سوى جزء بسيط من سعر البيع.

سوق الحاشدات (بقطع النظر عن المحمولة منها)

تهيمن الحاشدات العاملة بالرصاص على السوق هيمنة تامة، إذ تمثل وحدها ثلاثة أرباع ما يباع من الحاشدات المختلفة على المستوى العالمي. وتمثل الحاشدات المستعملة في إطلاق المحركات ثلاثة أرباع ما يباع من حاشدات الرصاص. وحاشدات الرصاص على العموم زهيدة الثمن، إذ يقدر ثمن البيع للعموم بنحو ٥٠٠ فرنك فرنسي لكل مخزون قدره ١ كيلووات/ساعة (٢٥٠ فرنكا لحاشدة قوتها ١٢ فولت على ٤٠ أمبير/ساعة). غير أنها ليست متينة بما يكفي. وتلزم تقنيات أعلى سعرا لإتاحة باقي التطبيقات، التي نذكر فيما يلي أهمها:

عمليات الجر:

الرصاص المفتوح: ٣٥ وات/ساعة عن كل كيلوغرام ٢٠٠٠ دورة

الرصاص المغلق: ٢٥ وات/ساعة عن كل كيلوغرام ٥٠٠ دورة

نيكل-كادميوم: ٥٠ وات/ساعة عن ل كيلوغرام ٣٠٠٠ دورة

نيكل-معدن-هيدروجين: ٦٥ وات/ساعة عن كل كيلوغرام. في طريق التطوير

ليثيوم-أيون: ١٢٠ وات/ساعة عن كل كيلوغرام أكثر من ٢٠٠٠ دورة. في طريق التطوير

السيارات مزدوجة الطاقة véhicules hybrides: رصاص، ونيكل-كادميوم، ونيكل-معدن-هيدروجين، وليثيوم-أيون

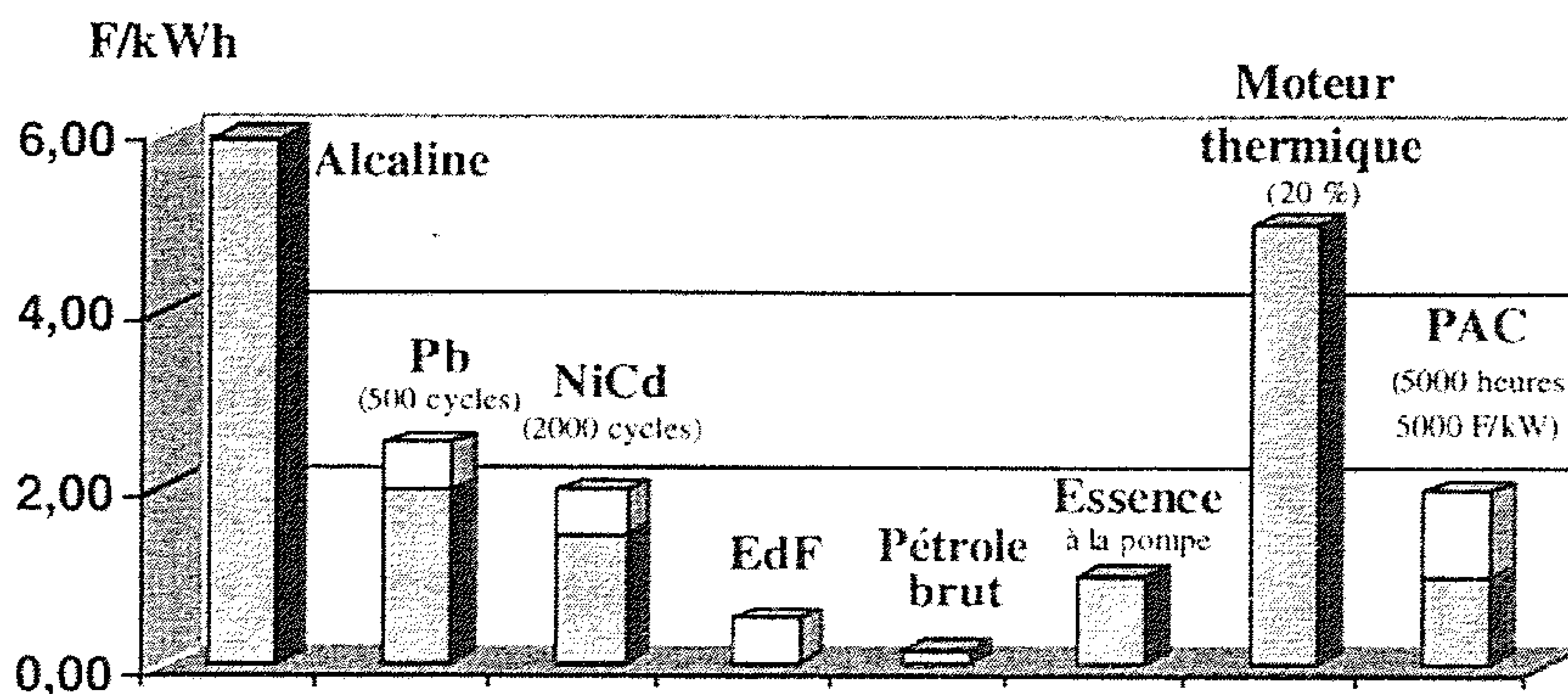
صوانات الطاقة الاحتياطية: رصاص، ونيكل-كادميوم

تخزين الطاقات المتجددة، من شمسية وهوائية وPAC، في المواقع المنعزلة المنقطعة عن الشبكة الكهربية: رصاص ونيكل-كادميوم.

سيتناول السيد Aucouturier بالبحث كل هذا في محاضرته التطبيقات الخاصة بميدان "السيارة الكهربائية". فلنلق نحن هنا نظرة على أسعار الكيلووات-ساعة. فإذا احتسبنا سعر البرميل من النفط بحوالي ٣٠ دولارا، سيكون سعر البترول الخام فرنكا فرنسيا واحدا للكيلوغرام الواحد، وهو يعطي ما يعادل ١٠ كيلووات/ساعة من الطاقة الحرارية. ويبلغ سعر الفيول المنزلي ما يناهز ٣ فرنكات للكيلوغرام الواحد، في حين يبلغ سعر الكيلوغرام الواحد من البنزين نحو ١٠ فرنكات، أي ما يعادل فرنكا فرنسيا واحدا لكل كيلووات/ساعة من الطاقة الحرارية. فإذا اعتبرنا أن معدل مردود محرك حراري يعمل بالبنزين هو حوالي ٢٠% (٤٠٠ غرام من البنزين للحصول على ١ كيلووات/ساعة)، فإن ذلك يعني أنه يلزمنا خمس فرنكات للحصول على ١ كيلووات/ساعة من الطاقة الميكانيكية.

وبالمقارنة مع ذلك، فإن شركة الكهرباء الوطنية الفرنسية تبيع الكيلووات/ساعة الواحد بما يتراوح بين ٢٠ وستين سنتيما، ولنقل ٥٠ في المعدل. فإذا أخذنا حالة حاشدة عاملة بالرصاص مستخدمة للجر مغلقة، فسنجد أن السعر هو ١٠٠٠ فرنك لكل كيلووات/ساعة، فإذا كان التردد الدوري فيها هو ٥٠٠ دورة، فمعناه أن الكيلووات/ساعة الواحد سيكون سعره فرنكين اثنين، يضاف إليهما نصف فرنك من الطاقة الكهربائية الأولية، ليصبح السعر فرنكين ونصف الفرنك لكل كيلووات/ساعة. أما حاشدة نيكل-كادميوم، فهي بسعر ٣٠٠٠ فرنك لكل كيلووات/ساعة فإذا كان التردد الدوري فيها هو ٣٠٠٠ دورة، فمعناه أن الكيلووات/ساعة الواحد سيكون سعره فرنكا واحدا، يضاف إليه نصف فرنك من الطاقة الكهربائية الأولية، ليصبح السعر فرنكا ونصف الفرنك لكل كيلووات/ساعة. ومعنى هذا كله أن السيارة الكهربائية هي بالفعل اقتصادية مقارنة مع نظيرتها التي تعمل بالبنزين، شريطة أن تكون المسافة المطلوب قطعها طويلة بما فيه الكفاية (تحدد شركة La Poste في هذا الصدد مسافة نحو من عشرة آلاف كيلومتر في السنة حدا أدنى لضمان مردودية كافية)، وهي فوق هذا وذاك أقل منها تلويثا للجو بما لا قياس معه (انظر الشكل ٢).

أما السيارات مزدوجة الطاقة، فإن لها ميزة تتمثل في كونها تستعمل المحرك الحراري خير استعمال (٢٥٠ غراما من البنزين لكل كيلووات/ساعة)، كما أنها مزودة بمجموعة من الحاشدات يجري استعمالها للحصول على معدلات قصوى من الأداء ويعاد شحنها خلال الفرملة. وفي هذا المجال تبشر شركة Toyota باستهلاك لا يجاوز ثلاثة لترات ونصف اللتر عن كل مائة كيلومتر، في سيارتها مزدوجة الطاقة Prius المجهزة ببطارية نيكل-معدن-هيدروجين.



Reproduire la figure telle quelle

بذلك يمكن القول إن مُجمَّعات الحاشدات تتيح استعمالا أمثل لموارد الطاقة المتوفرة – وبخاصة في مجال النقل الحضري والطرقي – ولموارد الطاقة الأحفورية، باستعمال السيارات مزدوجة الطاقة، ناهيك عن القضاء على التلوث الجوي، بفضل استعمال السيارات الكهربائية في مجال النقل الحضري. وتلك لعمري مرحلة لا بد منها وخطوة هامة في سبيل كل تنمية مستدامة.

ومن جهة أخرى، فإن إعادة تأهيل المواد المكونة للبطاريات المستهلكة، إعادة تأهيلها للاستعمال، لا تطرح أية صعوبة، لأنها عملية مربحة وممكنة التحقيق (انظر اللوحة رقم ٢).

	Alcalines				Ni-Cd			
Format	Poids pour une alcaline (g)	Valeur matière dans l'élément (F)	Prix de vente moyen (F/unité)	Rapport coût recyl./ prix de vente (%)	Poids pour un Ni-Cd (g)	Valeur matière dans l'élément (F)	Prix de vente moyen (F/unité)	Rapport coût recyl./ prix de vente (%)
AAA	12	0,17 - 0,20	4,3	5	13	0,13 - 0,22	17,2	1
AA	22	0,34 - 0,43	4,3	10	24	0,26 - 0,88	23,7	2-3
C	55	0,77 - 0,86	6,9	12	70	0,56 - 0,86	35,5	1,5 - 2,5
D	120	1,85 - 1,72	10,3	16	140	1,55 - 0,22	47,3	4
100g	100	1,5	8,6	15	100	1,14	34,4	4

Tableau tiré de la conférence « Design for Recyding – The future of Portable Rechargeable Batteries » présentée à « Batteries 2000 » en mars 2000.

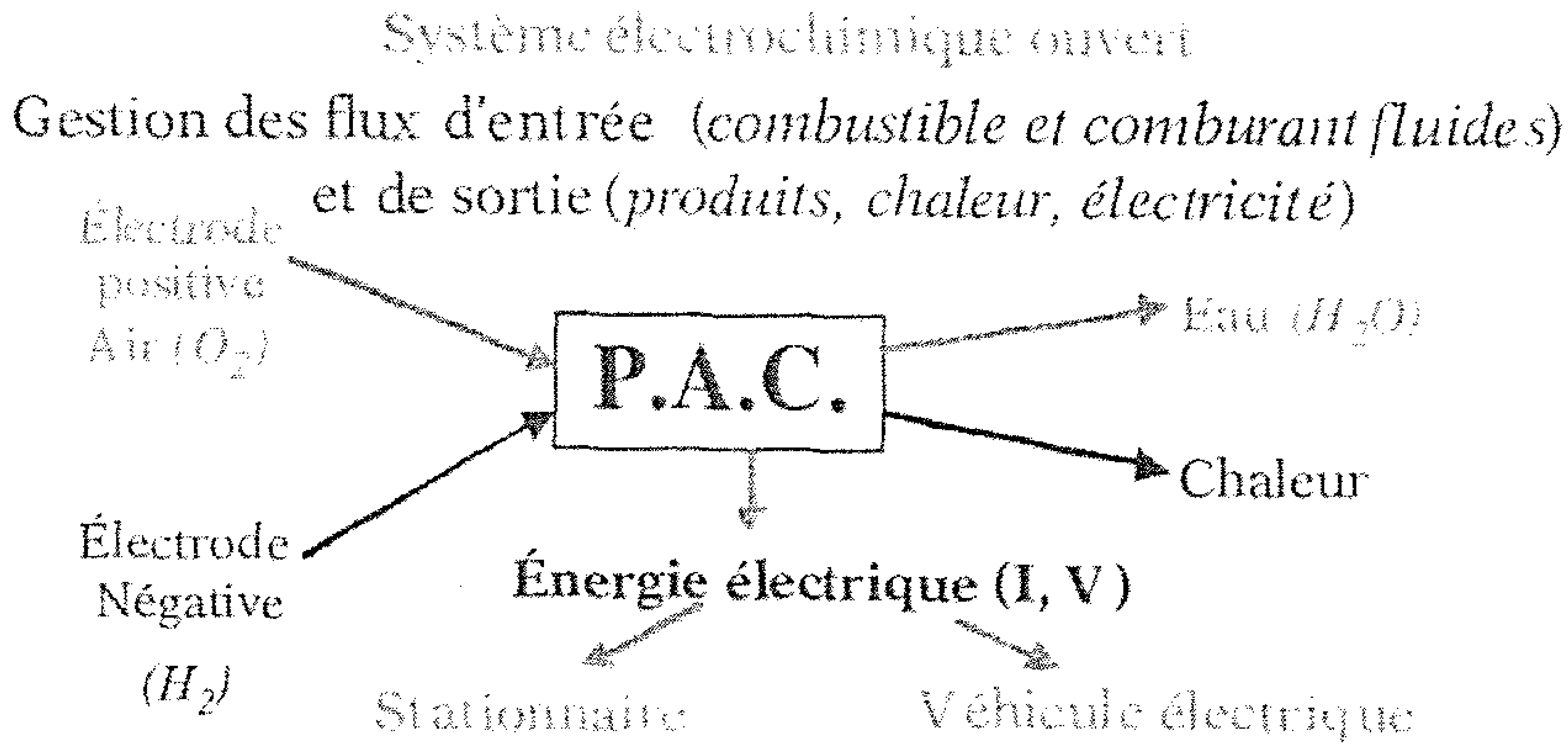
Reproduire tel quel

جدول ٢: تكاليف إعادة تأهيل المواد المكونة للبطاريات والحاشدات المستهلكة

البطاريات العاملة بالمحروقات. أو الخلايا المشتغلة بالفيول (fuel cell كما يدعونها بالإنجليزية)

على العكس من باقي المولدات الكهركيميائية التي ذكرتها حتى الآن، فإن البطارية العاملة بالمحروق تمثل نسقا مفتوحا، يجري حقنه بمحروق combustible وحارق comburant، فتقع في داخله تفاعلات كهركيميائية مثل التي تقع في البطارية العادية، فتنتج كهرباء مصحوبة بحرارة (أي أنه ينتج عنها منتجات كيماوية وطاقة موزعة بين كهربائية وحرارية). وكما هو الحال بالنسبة إلى المحركات الحرارية وبطارية زنك-هواء، فإن المنطق يستدعي أن يكون المحروق الذي يجري حقن البطارية به مائعا. وخير حارق يمكن استعماله هنا هو الهواء، لكونه يحتوي على الأكسجين. كما أن المحروق يحسن به أن يكون غازيا، وليس هناك خير من الهيدروجين محروقا لتشغيل هذه البطاريات. أما قوة النسق، فلا يعتمد في تقييمها هنا على القدرة الكتلية capacité massique، بل على القوة الكتلية puissance massique محسوبة بالوات/ساعة، وهي هنا تناهز ألف وات/ساعة في قلب البطارية (انظر الشكل ٣).

نسق إليكتروني مفتوح



تدبير صبيب الوارد gestion des flux d'entrée (من محروق وحارق مائعين) والصادر flux de sortie (من حرارة وكهرباء ومنتجات كيميائية)

خلال عملية التحليل الكهربائي، يتحلل جزيء الماء H2O إلى جزيء هيدروجين H2 ونصف جزيء أكسيجين ½ O2، أما البطارية العاملة بمحروق، فتفعل عكس ذلك، إذ تركب الهيدروجين والأكسجين فتكون الماء – وغني عن البيان أنه مادة غير ملوثة – وتنتج الكهرباء. (انظر شكل ٤)

Réaction de base



$H_2 \rightarrow 2\,H^+ + 2\,e^-$



$\underline{1/2\,O_2 + 2\,H^+ + 2\,e^- \rightarrow H_2O}$ **(liquide)**



$H_2 + 1/2\,O_2 \rightarrow 2\,H_2O$ **(liq.)** $\Delta H^0 = -286$ **kJ/mole**

soit 2 faradays et 1,5 volt ; soit 40 kWh/kg de H_2

ينتج عن تكون مول واحد (جزيئة غرامية واحدة) من الماء ما مقداره ٢ فاراداي من الكهرباء، أي ما يعادل ٥٣،٦ أمبير–ساعة، ومعنى ذلك أن الطاقة الناتجة عن تكون مول واحد من الماء هي جداء ٥٣،٦ أمبير–ساعة مضروبا في ١،٥ فولت. والمردود على شكل طاقة كهربائية قد يبلغ سبعين في المائة (٥٣،٦ أمبير–ساعة لكل مول تحت شدة ١ فولت)، وهو رقم فوق بكثير مردود خير الآلات الحرارية في أمثل ظروف عملها (إذ لا يجاوز مردودها في أحسن الأحوال ٤٠ إلى ٤٥%).

غير أنه إذا كان المبدأ في حد ذاته بسيطا، فإن التطبيق يطرح مشاكل عدة، وصناعة البطاريات العاملة بمحروق مسالة في غاية التعقيد والصعوبة، وهي اليوم محل بحث دائب من قبل الكثير من المختصين عبر العالم. وتختلف الأنساق الكهركيميائية الموضوعة قيد الدرس بعضها عن بعض من حيث طبيعة المنحل الكهربي المستعمل في سيرها ودرجة الحرارة التي تشتغل فيها. وهناك اليوم مائتا بطارية عاملة بالمحروق تشتغل بالحمض الفسفوري فتمد بالكهرباء محطات ثابتة بقدرة ٢٠٠ كيلووات (طاقةً كهربائية)، نذكر من بينها المحطة المقامة في ضاحية

Chelles الباريسية، والتي بدأ تشغيلها في هذه السنة (٢٠٠٠) بتعاون بين شـــركتي الكهرباء والغاز الوطنيتين الفرنسيتين EDF وGDF. ولا يكف صانعوا الســـيارات من جانبهم عن البحث في سبيل تطوير سيارات كهربائيـــة تســـتمد طاقتهـــا مـــن بطاريات عاملة بالمحروق.

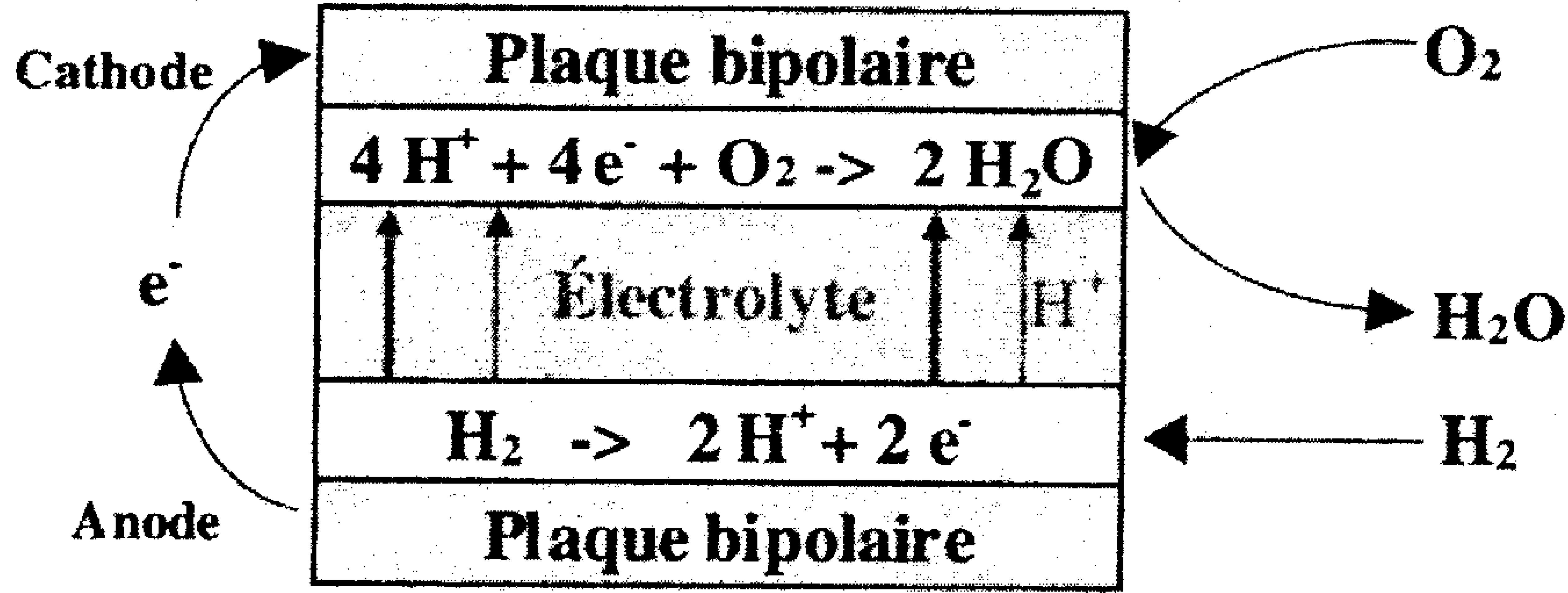
هناك تقنيات مختلفة في هذا المجال (انظر اللوحـــة ٣)، يبـــدو أن خيرهـــا مستقبلا هي تلك التي تستعمل أقطابا صلبة، وبخاصة منها تلـــك المعروفـــة باســـم PEMFC (اختصارا لعبارة proton exchange membrane fuel cell، أي الخلية الحارقة العاملة بتبادل البروتونات عبر غشاء)، التي تستعمل منحلا كهربيا صـــلبا مكثّفا ناقلا للبروتونات. وهي تعمل في درجات حرارة منخفضة نســـبيا (٧٠ إلـــى ٨٠ درجة مائوية)، وهي كذلك مناسبة جدا لمتطلبات صـــانعي الســـيارات الـــذين يستحسنون قدرتها على التكيف مع سرعات مختلفة.

Tableau 3

Filières	$t_{fonctionnement}$ (°C)	Électrolyte	Application
Alcaline AFC	60	KOH (aqueux)	Espace (depuis 1968) Autobus hybride (évaluation)
Acide phosphorique PAFC	200	H_3PO_4	Petite centrale (1996) Cogénération (1992-1995) Autobus hybride (1994)
Carbonates fondus MCFC	650	Carbonates de Li et K	Petite centrale (1996) Cogénération (1996) Centrale au charbon (après 2000)
Oxydes solides SOFC	1 000	Céramiques Y_2O_3 et ZrO_2	Cogénération (2002) Centrale au charbon (après 2000) VE commercial (?)
PEMFC	70	Membrane de type Nafion™	VH petit & moyen (1996) VE (depuis 1994)

أما البطاريات المعروفة باسم SOFC (اختصارا لعبارة solid oxide fuel cell أي الخلية الحارقة العاملة بالأكسيد الصلب)، فتحتوي على منحل كهربي مـــن الفخار ناقل للأيونات السالبة (-O2)، في درجة حرارة تتراوح ما بين ٧٠٠ و ٨٠٠ درجة مائوية). ويجري تحويل الحرارة الناتجة عن ذلك إلى كهرباء بطريقة نافعـــة

عبر ربط البطارية بعَنَفَة turbine تعمل بالبخار، وهي تحوز إعجاب منتجي الكهرباء الحاليين والمستقبليين، وعلى رأسهم شركتا الكهرباء والغاز الوطنيتان الفرنسيتان.



وحدة بسيطة من وحدات بطارية من نوع PAC، تتراوح قوتها بين ٠،٦ و٠،٧ فولت

وتتكون بطارية PAC من عدد من مثل هذه الوحدات يزيد أو ينقص بحسب القوة الكهربية التي يطلبها المستعمل.

ليس هناك من نظام من هذه الأنظمة إلا ويطرح تدبير الصبيب فيه مشاكل تقنية عديدة ومعقدة، تستدعي ربط قلب البطارية (ويدعونه بالإنجليزية stack)، من مزودات بالهيدروجين والأكسجين، ومستبدلات للحرارة، ومحولات للتيار الكهربائي من مطرد إلى متردد، علاوة على التنظيم والضبط الآليين.

وهذا كله لا يزال اليوم باهظ الثمن، وخصوصا بالنسبة إلى سوق السيارات الموجهة إلى الاستهلاك العام، إذ يريد الصانعون بطاريات PAC بسعر لا يجاوز ٥٠٠ فرنك للكيلووات الواحد، مع مدة اشتغال لا تقل عن ٥٠٠٠ ساعة. وأقرب منها إلى الإمكان ما يطلبه صانعو الكهرباء الذين يقبلون بأداء ٥٠٠٠ فرنك

للكيلووات لواحد، مع مدة اشتغال من ٣٠٠٠٠ ساعة (أي ٦٠ سنتيما عن كل كيلووات/ساعة، يضاف إليها سعر المحروق وكلفة العملية). وقد اتضحت اليوم الفائدة الاقتصادية من إقامة بطاريات عاملة بالمحروق لتزويد الأماكن المنعزلة بالكهرباء. ونذكر على سبيل المثال أن هذا النوع من البطاريات يزود اليوم بالكهرباء ألواح الإشارات الطرقية في الولايات المتحدة الأمريكية.

غير أن العقبة التكنولوجية الكأداء تكمن في كيفية تزويد البطاريات بهدروجين على درجة كافية من النقاء، وبخاصة البطاريات العاملة في درجات حرارة منخفضة، والتي تتطلب هيدروجينا نقيا لا يخالطه أكسيد الكربون CO.

إنتاج الهيدروجين وتنقيته وتخزينه

الهيدروجين النقي غاز ذو كلفة إنتاج عالية، علاوة على أنه صعب التخزين والنقل (اللهم إلا عن طريق الأنابيب).

فنظريا يمكن الحصول على الهيدروجين انطلاقا من عدد من الموارد الهيدروكربونية، وبخاصة منها المحروقات الأحفورية (بعد إعادة تكوين بخار الماء وتحويل أكسيد الكربون وتنقية الهيدروجين). وفيما تعلق بالبطارية المشتغلة بالمحروق، فإن مجمل المردود على شكل طاقة يعادل ضعف ما تنتجه الأنساق الحرارية التقليدية، وهو ما يخفض من كمية غاز ثاني أكسيد الكربون المحررة في الهواء عن كل كيلووات/ساعة، لكن دون أن يحد منها بصفة نهائية.

ويمكن الحصول على الهيدروجين كذلك انطلاقا من موارد الطاقات المتجددة، وذلك:

- إما من الكتلة الأحيائية، عن سبيل تحويلها إلى ميثانول أو إيثانول – انطلاقا من المخلفات المحتوية على السكر – وهما كما نعلم غازان يسهل تخزينهما كما يسهل استخراج ما يحتويان عليه من هيدروجين.

- وإما عن طريق طاقات متجددة أخرى قمينة بإنتاج الكهرباء، من مائية وشمسية وهوائية، يمكن ربطها بالشبكة، لكن يكون مطلوبا منها توليد تيار في أوقات لا يكون فيها الطلب على هذه المادة كبيرا، مما يعني أنه سيتعين تخزين فائض الطاقة المنتج، على شكل كيميائي في حاشدات إذا كانت كمية الطاقة المطلوب تخزينها صغيرة، أو على شكل هيدروجين إذا كانت الكمية كبيرة جدا.

خاتمة

يتضح لنا الآن كيف أن التطور الذي شهدته الأنساق الكهرميكانيكية قد دفع بالباحثين إلى إيجاد حلول أقل فأقل ضررا بالبيئة، من حذف للزئبق من صناعة البطاريات، إلى اقتصادٍ في المواد بالانتقال من البطارية إلى الحاشدة مع تجميع المواد المستهلكة وإعادة تأهيلها، وأخيرا بظهور البطارية العاملة بالمحروق. وتتيح هذه الأخيرة استعمالا أمثل للمحروقات الأحفورية، وبالتالي انبعاث كميات أقل من غاز ثاني أكسيد الكربون، بل واستعمال الطاقات المتجددة تمهيدا لقيام اقتصاد الهيدروجين، عصب الطاقة في مستقبل الأيام.

لقد آتتنا الكهركيمياء أولى ثمارها حين أتتنا بالبطاريات، أولى مولدات التيار الكهربائي، وزادتنا عليها حريةَ حركةٍ مع اكتشاف الحاشدات، وهاهي اليوم تقدم إلينا، عبر البطاريات العاملة بمحروق، وسيلة لإنتاج الكهرباء نقيةً وقابلة للتجدد.

مراجع

– FAUVARQUE (J.-F.), « Les générateurs électrochimiques », *L'Actualité chimique*, publié par la Société française de chimie, 250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris, janv-fév. 1992, p. 87-113.

الطاقة النووية[٢]

بقلم برتران باريه
Bertrand BARRÉ

ما الطاقة النووية؟

لو أنك طرحت هذا السؤال على عالم فيزياء لأجابك إن الطاقة النووية تنتج عن القوى التي تشد النُويَّات المكونات لنواة الذرة – من بروتونات ونيترونات – إلى بعضها بعضا فتبقيها مترابطة رغم التنافر الناتج عن شحنات الكهرباء الساكنة، والذي يدفع البروتونات إلى التباعد فيما بينها.

أما عالم الجغرافيا، فسيجيبك إنها مورد جديد للطاقة، يضاف إلى الموارد التي نعرفها حتى اليوم، من أحفورية ومتجددة.

وأما المهندس، فيرى فيها وسيلةً معقدة لإنتاج الطاقة الكهربائية بطريقة اقتصادية ودون بث غازات احتراق في الهواء.

وأما رجل الاقتصاد، فالطاقة النووية عنده عامل من عوامل تثبيت أسعار الطاقة والتخفيض من عجز ميزان المدفوعات.

وأما عالم الاجتماع، فيرى في الطاقة النووية قبل أي شيء آخر موضوعا يجسد ما تلقاه بعض مظاهر المجتمعات الغربية المصنعة من رفض وشجب من قبل المجموعات "المدافعة عن البيئة" على اختلاف مشاربها.

وتأتي الشاعر أخيرا تسأله، فيجبك إنه لا يرى فيها سوى نفحة من نفحات الطاقة الكونية العظمى، نزلت بساحتنا لتضيف طاقتها إلى الطاقة التي تزودنا بها الشمس. أوَلا يولد اليورانيوم من رحم نجم منكدر؟

---

(٢) نص المحاضرة رقم ٢٧٠ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٦ سبتمبر ٢٠٠٠.

لكن دعنا نعود إلى مجال الفيزياء. ما منا أحد إلا وقد سمع بمعادلة أينشتين الشهيرة $DE = mc^2$، والتي تكتب بطريقة أصح على الشكل التالي: $DE = - c^2.Dm$، مما يعني أن الكتلة والطاقة هما وجهان لحقيقة واحدة، يمكن لأحدهما أن يحل محل الآخر متى تحققت شروط معينة، وأن تغييرا طفيفا في الكتلة يقابله تغيير كبير جدا في الطاقة. ونتيجة ذلك أن كتلة النواة أصغر من مجموع كتل النيوترونات والبروتونات التي تكونها، والفرق بين الكتلتين هو ما يدعى "طاقة الربط" في النواة.

وطاقة الربط هذه طاقة عظيمة هائلة، فهي تعادل "مليون مرة" ما ينتج من طاقة خلال التفاعلات الكيماوية بين الذرات أو الجزيئات. ورقم "مليون" هنا ذو أهمية بالغة، إذ لولاه لما كان لغرام واحد من البلوتونيوم أو اليورانيوم أن ينتج طاقة تفوق ما ينتج عن احتراق طن كامل من النفط.

غير أن طاقة الربط التي تشد أجزاء نواة الذرة إلى بعضها رهينة بعدد النويات التي تكون تلك النواة. فإذا تتبعناها واحدةً واحدة، سنجد أن الطاقة تبلغ حدها الأقصى عند ٦٠ نوية، وهو ما يقابل نواة الحديد في الترتيب الدوري المعروف. وهذا يعني أننا إذا ما نجحنا في دمج نواتين خفيفتين لنصنع منها نواة متوسطة الكتلة سنحرر جزءا من طاقة الربط، وأننا إذا نجحنا على العكس من ذلك في شطر نواة ثقيلة نصفين لنصنع منها نواتين متوسطتي الكتلة، سنحصل كذلك على طاقة. وهاتان العمليتان اللتان ذكرناهما الآن هما على التتابع عمليتا الانصهار الحراري fusion والانشطار الذري fission.

لن نتحدث هنا عن الانصهار، الذي يزود شمسنا ونجومنا بالطاقة، فذاك مورد من موارد الطاقة هائل، لكن التحكم فيه مسالة ما زالت تتطلب عقودا من الزمن.

تبقى إذن الطريقة الأخرى في استخراج الطاقة الكامنة في الذرة، أي المتمثلة في شطر الأنوية الثقيلة إلى أنوية أخف منها. فإذا ما أنت أمطرت نواة

اليورانيوم مثلا بسيل من النيوترونات - وهي هُنامات غير مشحونة كهربائيـا، أي أنها لا تتعرض لقوة طاردة من قبل النواة - فإن هذه النواة الثقيلـة تنشـطر إلـى جزأين، وتحرر طاقة (على شكل سرعة تمد بها هذين الجزأين، وهـي سـرعة لا تلبث أن تتحول إلى حرارة حين يرتطم الجزآن بحواجز من المحيط)، كما تحـرر نيترونين أو ثلاثة نيترونات فائضة عن الحاجة.

هذه النيترونات المحررة تستطيع بدورها أن تصيب أنوية أخرى فتشطرها، جاعلة إياها تحرر نيترونات جديدة تنطلق لتشطر أنوية أخرى، وهكـذا دواليـك، مطلقة ما يعرف باسم التفاعل التسلسلي. والجيد في الأمـر أن بالإمكـان إطـلاق التفاعل والتحكم في مستوى قوته وإيقافه وقتما شئنا، وذلك عبر التحكم في أعـداد النيترونات المنبعثة من الأنوية المنشطرة، بواسطة أنوية "مسمومة" يجري إدخالهـا في التفاعل، بحيث تمتص النيترونات دون أن تنشطر.(٣)

لا يوجد في الطبيعة سوى نظير واحد لليورانيوم (هو النظير المعروف باسم يورانيوم ٢٣٥، نسبة إلى كتلته الذرية) يسهل شطره بواسطة النيترونات، ونقـول عنه إنه "شَطور" (fissile). وهو لا يمثل سوى ٠,٧ بالمائة من مجموع اليورانيوم الطبيعي الموجود على الأرض. أما اليورانيوم ٢٣٨، وكذا الثوريوم ٢٣٢، فهمـا غير قابلين للانشطار، غير أن باستطاعتهما تلقف النيترونات وامتصاصها. وتتفتت الأنوية المحفزة الناتجة عن هذا الامتصاص، فتنـتج عنهـا أنويـة جديـدة قابلـة للانشطار، هي بالتتابع البلوتنيوم ٢٣٩ ونظير آخر لليورانيوم، هو يورانيوم ٢٣٣. ونقول عن معدني اليورانيوم ٢٣٨ والثوريوم أنهما "خصـبان". وتتطلـب عمليـة التحكم في التفاعل التسلسلي لمدد طويلة في قلب "المفـاعلات النوويـة"، خليطـا مضبوطا ومعلوم المقادير من الأنوية الشطورة والأنوية الخصبة وسموم التحكم.

---

(٣) ما يجعل هذه العملية ممكنة هو كون الأنوية لا تحرر النيترونات جميعها دفعة واحدة حين تنشطر، إذ تبقى بعض تلك النيترونات متصلة بالأجزاء الناتجة عن الانشطار، فلا تتحرر منها إلا بعد فترة من الزمن. هذا التأخر فـي تحرير النيترونات هو ما يجعل التحكم في التفاعل ممكنا. ولولا وجود هذه "النيترونات المؤخَّرة" لسارت الأمـور أسرع بكثير، ولكان بالإمكان صناعة قنابل ذرية فحسب، لا مفاعلات نووية.

والمشكلة في الانشطار أن الأجزاء الناتجة عنه تكاد تكون كلها مشعة، وأنها تواصل التفتت بطريقة متوالية إلى أن تفضي، بعد زمن يطول أو يقصر، إلى أنوية ثابتة غير قابلة للتفتت. وهذا معناه أن الانشطار ينتج "نفايات مشعة" ينبغي حماية الناس والبيئة من شرورها.

وهذه الخاصية الإشعاعية التي تحتفظ بها الأجزاء المنفصلة تعني أن تلك الأجزاء تستمر في تحرير الطاقة بعد توقف التفاعل. وهذه الطاقة "المتخلفة" أقل بكثير من الطاقة المتولدة عن الانشطار، علاوة على أن كميتها تنخفض بسرعة. غير أنه ينبغي مواصلة تصريفها بعد التوقف بوقت يقصر أو يطول.

ما الفائدة من الطاقة النووية ؟

رأينا كيف أن الحصول الطاقة النووية والتحكم فيها مسألة شائكة معقدة، وأن استخدامها يخلف نفايات مشعة. فهل لا غنى للبشرية عن تلك الطاقة؟ الجواب هو نعم. فالناس لا يبنون مفاعلات ذرية ولا يدرسون الانصهار الذري بدافع من الفضول العلمي والتكنولوجي وحده، وإنما يفعلون ذلك لأنهم بحاجة إلى الكهرباء، ولأن التفاعلات الذرية هي إحدى أهم وسائل الحصول على طاقة بأسعار اقتصادية، مع إلحاق أدنى ضرر ممكن بالصحة العمومية والبيئة.

وتنبع الحاجة إلى الطاقة من تضافر التزايد السكاني مع ازدياد الناس رغبةً في العيش الأفضل وفي النمو، يخفف من غلواء ذلك كله ما يشهده العالم من تقدم تكنولوجي يتيح زيادة فعالية الطاقة، أي الحصول على الخدمة المطلوبة ذاتها مع استهلاك قدر أقل من الطاقة.

لم يكن تعداد سكان العالم في بداية التاريخ الميلادي يتجاوز نصف مليار نسمة. وقد استدعى الوصول إلى ضعف ذلك العدد ألفا وثمانمائة سنة، إذ لم يبلغ

تعداد سكان العالم مليار نسمة إلا بين ١٨٣٠ و ١٨٥٠ للميلاد. وها نحن اليوم قد أصبحنا، في مدى مائة وخمسين عاما فقط، ستة مليارات من الناس عدّا، وما زلنا نزيد، إذ إننا خلال القرن الواحد والعشرين سنبلغ رقم العشرة مليارات من النفوس البشرية، أو ربما تجاوزنا هذا الرقم المخيف. وتجدر الإشارة إلى أن هذه الزيادة الجديدة لن تعني دول منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية OCDE الغنية، ولا ما يعرف باسم "الاقتصاديات التي تعيش فترة انتقال" les économies en transition الخارجة من تحت مظلة الاتحاد السوفييتي السابق، بل ستعني فقط البلدان المعروفة باسم "الدول النامية"، وهي تسمية تخفي وضعيات مختلفة عن بعضها شديد الاختلاف، لكن يجمع بينها أن طلب الأفراد فيها على الطاقة لا يزال اليوم ضعيفا.

والسبب في ذلك أن الطلب على الطاقة عموما وعلى الكهرباء بالخصوص مرتبط ارتباطا وثيقا بمستوى العيش. والحال أن الفوارق فيما تعلق بمستويات العيش فاحشةُ الغور سَحيقةُ الهاوية، وهي السبب الأساس في ما يشهده عالمنا اليوم من فوضى وعدم استقرار. ولكي يتضح معنى هذا الكلام نقول إن ما يستهلكه عالمنا اليوم من الطاقة الأولية[٤] يعادل تسعة مليارات طن مكافئ من البترولtonne d'équivalent pétrole TEP، يستحوذ مليار واحد من البشر (هم سكان العالم المتقدم) على ستة مليارات منها، في حين لا يتعدى استهلاك الخمسة مليارات من البشر المتبقية سوى ثلاثة مليارات طن مكافئ من البترول في السنة. وتلك لعمري وضعية لا يمكنها أن تستمر إلى الأبد.

(٤) نعني بالطاقة الأولية كمية الطاقة المستهلكة انطلاقا من مكان تخليقها أو استخراجها: البترول انطلاقا من البئر لا من محطة البنزين، والكهرباء انطلاقا من السد لا من مفتاح الكهرباء في المنزل.

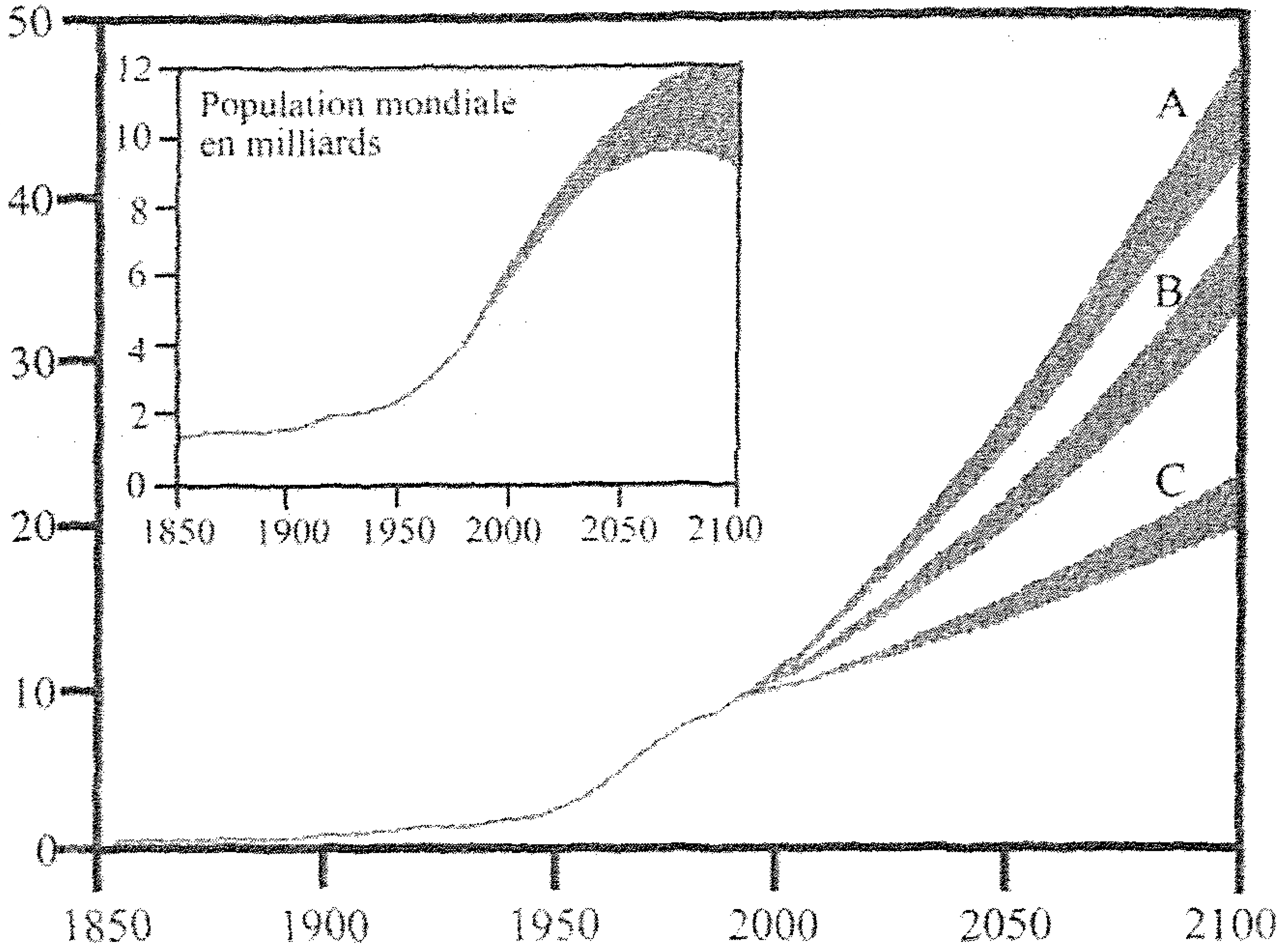
ويوضح لنا الجدول رقم ١ توزيع الاستهلاك العالمي بين مصادر الطاقة الأولية المختلفة (إحصائيات عام ١٩٩٨):

مصدر الطاقة	ملايين الأطنان من مكافئ البترول	النسبة المئوية
محروقات صلبة	٢٣٤٧	٢٨,٣
بترول	٢٣٢٤	٤٠
غاز طبيعي	١٨١٠	٢١,٨
طاقة نووية	٦٠٨	٧,٣
طاقة مائية	٢١٥	٢,٦
طاقات متجددة حديثة	٣٦	٠,٤
المجموع (المسوق)	٨٣٤١	١٠٠
أخشاب ونفايات أخرى	٩٠٤	

جدول رقم ١

سيتعين على العالم أن يستعد لزيادة في الطلب على الطاقة تفوق الزيادة في أعداد السكان، وليس من ذلك مناص، اللهم إلا إذا قررنا التخلي نهائيا عن محاولة ردم الهوة بين الشمال والجنوب.

تمثل المحروقات الأحفورية ما يعادل تسعين بالمائة من مجموع الطاقة الأولية المسوقة على مستوى العالم. وليس هناك من إمكانية ولو ضئيلة في أن تتيح الزيادة في إسهام الطاقات المتجددة تغطية هذه الزيادة في الطلب، ناهيك عن أن تقوم مقام الطاقة النووية كما يحلو لبعض الناس أن يتصوروا. وحتى إن تصورنا إمكان حدوث ذلك، فإنه حتما لن يحدث قبل مضي عقود طويلة من الزمن.



سيتعين إذن، قبل تحقق ذلك الحلم الجميل، أن نفيد من جميع مصادر الطاقة المتوفرة، كما سيتعين أن نجتهد في تحسين فعالية الطاقة. فنحن في حاجة إلى مصادر الطاقة جميعها، من طاقات متجددة ومائية ونووية، ونحن رغم ذلك كله مضطرون إلى زيادة استهلاكنا للطاقات الأحفورية، التي لسنا نملك حيالها إلا أن نحاول "أن ننقص من السرعة التي يزيد بها استهلاكها"، من أجل الحد من انبعاث الغازات المسببة لظاهرة البيت الزجاجي. كما قد يتعين إدخال تقنيات جديدة تتيح "احتجاز" غاز ثاني أكسيد الكربون قبل انفلاته من مداخن المحطات الكبرى العاملة بالطاقة الأحفورية، مما سيولد مصاريف جديدة يضاف عبئها إلى تناقص كميات المحروقات الأرخص ثمنا.

كيف تشتغل المحطات النووية ؟

تشتمل محطات توليد الطاقة الكهربائية على مجموعتين رئيستين، أولاهما "جزيرة تقليدية" يعمل فيها بحار الماء على تشغيل مجموعة من التربينات تشبه إلى حد بعيد تلك المستعملة في المحطات التقليدية العاملة بالمحروقات الصلبة، وثانيتهما "جزيرة نووية" تزود الجزيرة الأولى بالبخار. وتتكون الجزيرة النووية مما يعرف بقلب المفاعل، حيث تجري تفاعلات الانشطار في داخل "مكونات" أو "تشكيلات" من المحروقات النووية، وهي تفاعلات يجري التحكم فيها عبر آليات تتيح حقن سموم نيوترونية، في حين يجري تبريد القلب بواسطة سائل حامل للحرارة caloporteur.

في المفاعلات العاملة بالماء المضغوط REP التي تستعمل في فرنسا، يجري التبريد عبر استعمال ماء على درجة حرارة عالية جدا (أقل من ٣٠٠ درجة مئوية) يُبقى عليه سائلا بجعله تحت ضغط يعادل ١٥٠ بار، ويسري في مسار مغلق داخل "مجرى أولي" من الحديد الصلب بالغ السُمك.

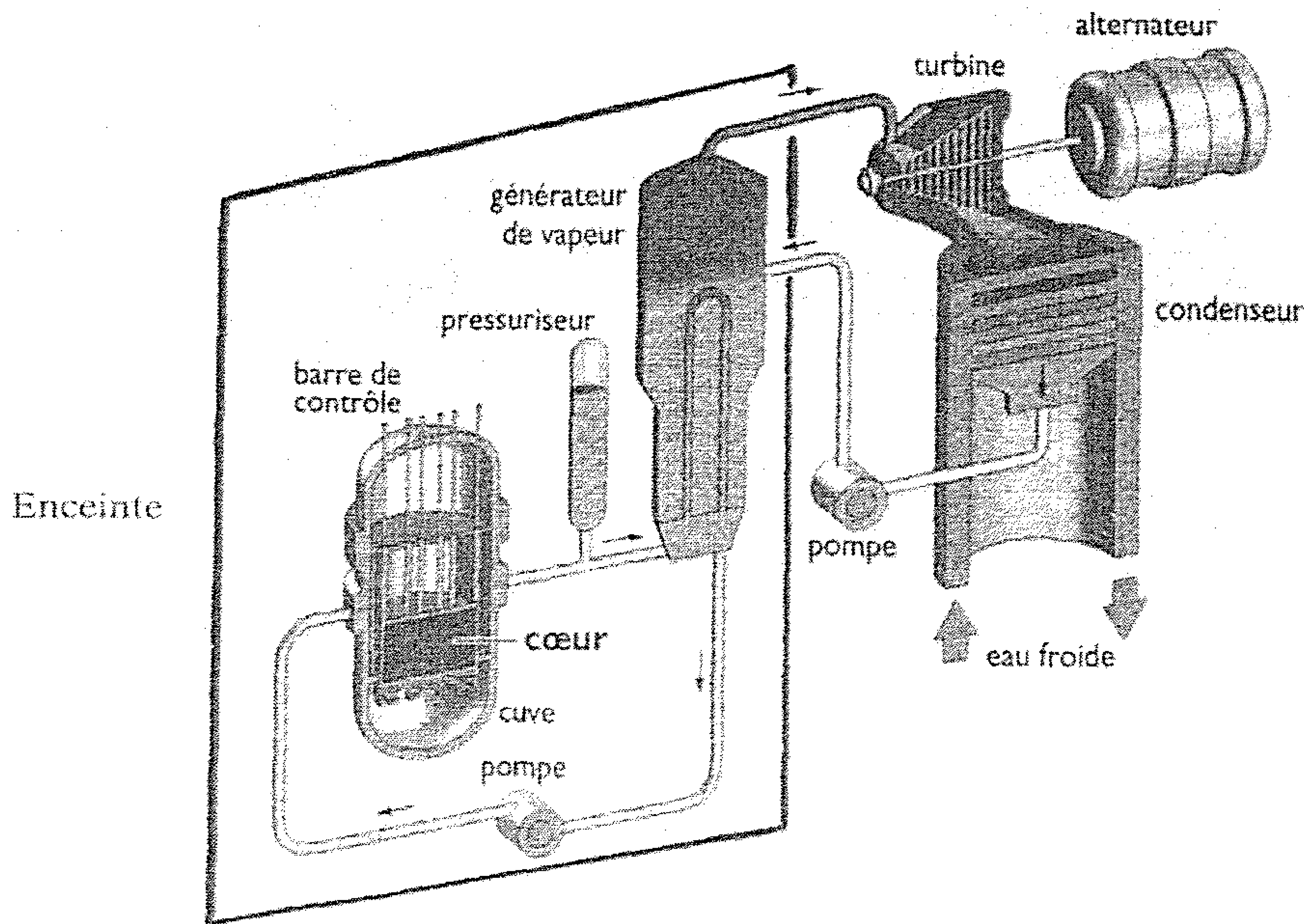
يسري ماء التبريد هذا عبر غابة من تشكيلات المحروقات، وهي عبارة عن حُزم من أنابيب معدنية دقيقة (مصنوعة من خلائط من معدن الزركونيوم) تتكدس في قلبها أقراص فخارية من أكسيد اليورانيوم أو البلوتنيوم. وليس هناك من حاجز يفصل بين هذه التشكيلات، بمعنى أن قلب المفاعل "مفتوح".[٥] ويقوم الماء الأولي برفع درجة حرارة الماء الموجود في "مسرى ثانوي" داخل "مولد بخار"، فينتج البخار اللازم لدفع التربينات المولدة للكهرباء.

---

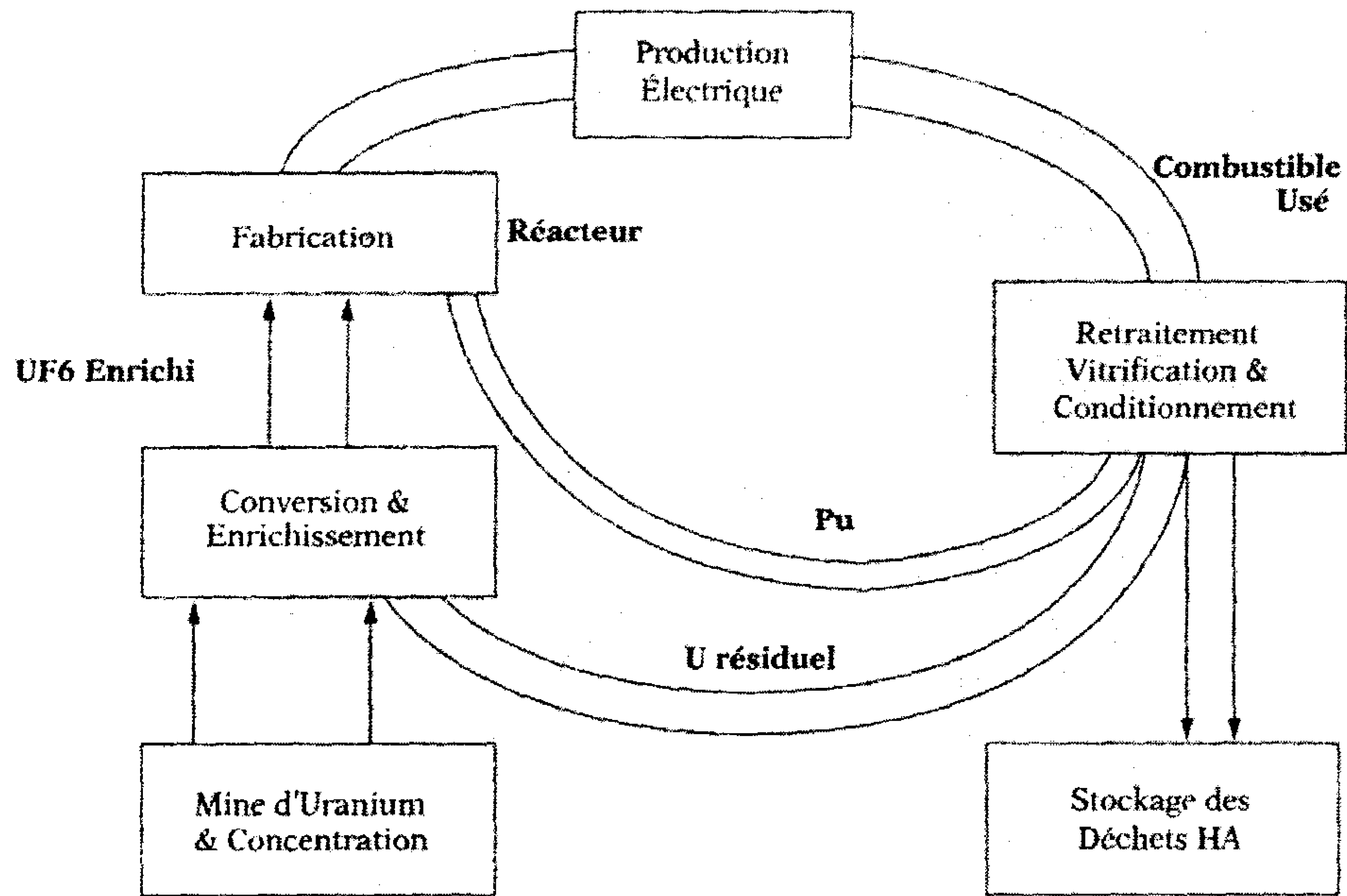
(٥) لا يقتصر دور الماء الأولي على تبريد قلب المفاعل. فأنوية الهيدروجين تضطلع بدور آخر، يتمثل في تخفيض سرعة النيترونات المنطلقة بسرعة كبيرة، تخفيضها عبر سلسلة من الصدمات المتتالية،من أج إعادة تلك النيترونات بأسرع وقت ممكن إلى السرعة التي تتيح لها فعالية أمثل في إحداث عمليات الانشطار التالية. وتعتمد أنواع أخرى من المفاعلات، في عملية التعديل هذه الدوتوريوم (الماء الثقيل) أو الغرافيت. أما ما يعرف باسم "المفاعلات ذات النيترونات السريعة"، فلا تستعمل أية مادة معدّلة، بل تعتمد وسائل أخرى في الرفع من أداء القلب.

يقع أهم جانب من الجزيرة النووية داخل حصن سميك متين، يمثل الدرع الثالث الحائل دون تسرب المواد الناتجة عن الانشطار إلى البيئة الخارجية، بعد الدرعين الأولين المتمثلين في الأنابيب الحافظة والمسرى الأولي.

بعد أن يتمدد البخار وهو يدير تربينات الجزيرة التقليدية، يعاد تكثيفه بالاستعانة بمسرى مائي جديد، يكون بدوره مغلقا أو منفتحا على مصدر البرودة النهائي. (انظر الشكل رقم ٢)



مثلما لا يضع صاحب السيارة في خزان سيارته بترولا خاما مستخرجا لتوه من البئر ليجعل السيارة تسير، ومثلما لا يصل المرء مصباحا كهربائيا بالسد مباشرة ليحصل على النور، فكذلك لا يتأتى استعمال اليورانيوم المستخرج من المناجم كمحروق نووي يؤتي الحرارة النافعة عبر الانشطار إلا بعد أن يمر المعدن الخام عبر دورة تدعى "دورة المحروق"، تجمع بين مراحل تصنيعية يبينها الرسم الموضح أسفله (شكل ٣).



تتكون الدورة العادية في المفاعلات العاملة بالماء المضغوط من المراحل التالية:

- استخراج معدن اليورانوم من المناجم الأرضية الجوفية أو المفتوحة أو عن طريق الحلحلة lixiviation في محل الاستخراج.
- تركيز المعدن المستخرج لتصفيته من الشوائب في محل الاستخراج (علما أن نسبة اليورانيوم نادرا ما تتجاوز واحدا في المائة من الكميات المستخرجة).
- تحويل اليورانيوم المحصل عليه إلى سادس فليوريد اليورانيوم UF6، الذي يكون صلبا في درجات الحرارة العادية ويتحول إلى غاز في درجات أعلى منها قليلا.
- تخصيب UF6 عن طريق النظائر لزيادة نسبة الأنوية U235 القابلة للانشطار، والتي تكون نسبتها ضعيفة في المعدن الخام.

- تصنيع المحروق النووي (ويشتمل على تحويل فليوريدات اليورانيوم إلى ثاني أكسيد اليورانيوم UO2، وتصنيع الأقراص وتزجيجها، ثم تصنيع الأقلام وتجميعها في حُزَم).
- إنتاج الكهرباء لمدة أربع سنوات تقريبا.
- تخزين المحروقات المستهلكة تحت الماء مؤقتا، ثم تدبير أمر التخلص منها.

ويفصل بين كل مرحلة وسابقتها عدد من عمليات المراقبة والنقل. والحق أن كل واحدة من تلك المراحل مسار صناعي قائم بذاته، كما رأينا ذلك حين تحدثنا ببعض التفصيل عن مرحلة التصنيع. أما المرحلة الأخيرة، مرحلة تدبير المحروق المستهلك، فتختلف باختلاف طريقة العمل المعتمدة، والتي قد تقوم على دورة مغلقة، من قبيل تلك المبينة في الشكل ٥ أدناه (وهو النوع المعتمد في فرنسا)، كما قد تقوم على "دورة مفتوحة"، من مثل تلك المستعملة في الولايات المتحدة الأمريكية على الخصوص.

فأما الدورة المغلقة، فتتكون من المراحل الجزئية التالية:
- إعادة معالجة المحروقات المستهلكة معالجة كيميائية من أجل استرجاع المكونات الخصبة والقابلة للانشطار الممكن استرجاعها منها.
- توضيب النفايات، وبالخصوص تزجيج النفايات شديدة الإشعاع المتخلفة عن الانشطار.
- وأخيرا، تخزين تلك النفايات للتخلص منها نهائيا.

وأما الدورة المفتوحة - وهي ليست دورة على الإطلاق - فتنتهي بالتخلص من المحروقات المستهلكة بصفتها هي وما تحتويه نفاياتٍ جميعا.

وتكون تجهيزات الدورة جميعا (من معامل تخصيب ومصانع للتصنيع أو للمعالجة) مُعَدَّةً لتزويد عشرات من المفاعلات الكبيرة بما يلزمها من المحروقات النووية.

فضائل الطاقة النووية ورذائلها

ليس هناك من مصدر للطاقة لا ينجم عن استعماله مشاكل. لذلك يبقى خيار الرفع من كفاءة الطاقة أمثل الخيارات إذا كان ممكنا من الناحية التقنية، شريطة ألا يفضي ذلك إلى رفع الأسعار إلى درجة غير مقبولة. غير أننا حتى لو نجحنا فبلغنا بكفاءة الطاقة أقصى الحدود الممكن تصورها، فإن ذلك لن يعفينا من ضرورة الاستجابة للطلب المتزايد، ولا من ضرورة محاولة إيجاد أمثل السبل للاستفادة من موارد الطاقة المختلفة، مع حساب محاسن كل منها ومساوئه. وفيما يخص الطاقة النووية، فإنه من الممكن أن نضع الجدول التالي لعقد المقارنة بين الفضائل والنقائص الناتجة عن استعمال هذا النوع من الطاقة (جدول ٢)

محاسن الطاقة النووية	مساوئ الطاقة النووية
الاستقلالية الطاقية	حجم الاستثمارات اللازمة
موارد طويلة الأمد	خوف الناس من الإشعاعات (الكميات الضئيلة)
فك الارتباط بين أسعار المواد الأولية	الحوادث الخطرة الممكن وقوعها
حماية البيئة العامة	مسألة تدبير النفايات النهائية
خلق مناصب شغل محلية	مشكلة عدم الانتشار
المساهمة في تقويم ميزان المدفوعات التصدير	

جدول ٢

مقارنة اقتصادية بين مصادر الطاقة

تمتعت الطاقة النووية بين عامي ١٩٧٤ و١٩٨٥، وبخاصة في فرنسا، بهامش منافسة مريح. ثم جاءت الصدمة البترولية المعاكسة لتعود بأسعار الطاقات

الأحفورية إلى ما كانت عليه قبل ١٩٧٤، وهو وضع استمر حتى عام ١٩٩٨، مولدا تغييرا كبيرا في الرؤى. وزاد الطين بلة أن ما شهدته صناعة تربينات الغاز من ازدهار يعود الفضل فيه إلى تطور الصناعات المتعلقة بالطيران والفضاء، جعلها تحقق تقدما كبيرا على مستوى المردودية ومستوى الحجم، وبالتالي على مستوى السعر، في حين أن قواعد الأمان المطبقة في مجال الطاقة النووية ما فتئت تزداد صرامة، ويزداد معها حجم الاستثمار اللازم في هذا النوع من الطاقة ارتفاعا.

واليوم فلئن كانت المحطات النووية الموجودة قد غطت مصاريفها لتصبح أبقارا حلوبا تنتج الطاقة بسعر رخيص، فإن أغلب البلدان كانت ترى أن إنشاء محطات جديدة، في ظل الظروف الاقتصادية التي كانت سائدة إلى ما قبيل الطفرة الأخيرة التي شهدتها أسعار النفط العالمية، أمر لن يكون مجديا من الناحية الاقتصادية.

والواقع أن صحة هذه المقارنة - منظورا إليها بعين الحاضر - بين أسعار الإنشاء والاستغلال الخاصة بكل نوع من أنواع المحطات المنتجة للطاقة على مدى خمسين سنة، رهينةٌ إلى حد كبير بالفرضيات الممكن تصورها فيما تعلق بتطور أسعار المحروقات على امتداد هذه الفترة جميعها. وتَخلُص آخر الدراسات في هذا الموضوع - وهي دراسة جاءتنا من فنلندا - إلى أن الطاقة النووية أفضل الطاقات جميعا من حيث الجدوى الاقتصادية، شريطة أن تشتغل محطة التوليد أكثر من ستة آلاف ساعة في السنة. أما إذا أُقرت ضريبة بيئية على الكربون، فإن ميزان المقارنة سيزداد ميلا لصالح الطاقة النووية.

ويبقى أن تكاليف الصناعة النووية تكاليف ثابتة ومعروفة مسبقا، وأن تسعين بالمائة من الأموال المنفقة يجري إنفاقها داخل أرض البلد المعني، مع ما يعنيه ذلك من مناصب الشغل المحلية، وأن أثر ذلك كله في الخزينة العمومية حميد.

أثر صناعة الطاقة النووية في الصحة

حين يشتغل المفاعل النووي بطريقة عادية، فإن التلوث الناتج عن اشتعاله لا يكون كبيرا. هذا ما يخلص إليه تقرير أكاديمية الطب الوطنية الفرنسية، الذي نورد فيما يلي الفصل الأول منه:

"ينبغي مقارنة المخاطر الناجمة عن استعمال الطاقة النووية بنظيرتها التي تنجم عن استعمال غيرها من موارد الطاقة. ويجدر أن نذكر بهذا الصدد أن مصادر الطاقات الأحفورية (من فحم ونفط وغاز) ينبعث منها عند الاحتراق غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يزيد من تفاقم ظاهرة البيت الزجاجي، إضافة إلى غازات وعناصر أخرى مسببة للسرطان، وغير ذلك من الملوثات. في ظل هذه الظروف، فإن استعمال الطاقة النووية وسيلةً لإنتاج الكهرباء يعد اليوم من أقل وسائل إنتاج الطاقة تلويثا للبيئة وضررا بالصحة.

لكن ماذا عن أخطار وقوع كارثة؟

لم تقع، في مدى خمس وأربعين سنة من اشتغال المفاعلات النووية (وهو ما يعادل خمسة آلاف سنة من اشتغال مفاعل واحد)، سوى كارثة عظمى واحدة، هي كارثة تشيرنوبل الشهيرة سنة ١٩٨٦، تضاف إليها حادثتان "خطيرتان"، هما Windscale سنة ١٩٥٧ وThree Mile Island سنة ١٩٧٩، وهما حادثتان فيما نعلم لم تنجم عنهما أية آثار بالنسبة إلى الأفراد.

والحق أنه من الصعوبة بمكان أن نتصور وقوع حادثة بحجم حادثة تشيرنوبل في أي من المفاعلات العاملة اليوم في الغرب، ناهيك عن أن الحديثة منها – مثل المفاعل الفرنسي الألماني العامل بالماء المضغوط – مزودة بأنظمة من شأنها أن تقلل إلى حد بعيد من نتائج انصهار قلب فيما لو حدث هذا الانصهار، علما أن حدوثه هو في حد ذاته أمر بعيد الاحتمال. بل إن بعض النماذج الحديثة من المفاعلات – من مثل المفاعلات العاملة بدرجات الحرارة المرتفعة HTR – قد

صممت على شكل لن يعود معه احتمال انصهار القلب احتمالا واردا على الإطلاق.

أثر صناعة الطاقة النووية في البيئة

لا تساهم صناعة الطاقة النووية في تفاقم ظاهرة البيت الزجاجي، غير أنها تنتج مخلفات مشعة بكميات لا جدال في أنها ضعيفة، لكن بعضها يبقى مصدرا للإشعاع مددا طويلة من الزمن.

لقد انتبه الناس إلى خطر الإشعاعات قبل اكتشاف الانشطار النووي. وقد انتبهت الصناعة النووية المدنية منذ نشأتها إلى الخطر الكامن في النفايات المتخلفة عن الانشطار، فسرعان ما اختار القائمون عليها تجميع تلك النفايات وتخزينها عوض التخلص منها بتشتيتها في الطبيعة كما جرت عليه العادة بالنسبة إلى غيرها من النفايات الصناعية. واليوم فإن نفايات الصناعة النووية - وبخاصة أكثرها إشعاعا - مخزنة على شكل محروقات مشعة أو مخلفات كلها معبأة في حاويات محكمة الإغلاق محصاة وخاضعة لمراقبة صارمة.

لم يكن هناك قبل خمسة عشر عاما جدال حول المصير النهائي الذي كانت ستؤول إليه تلك النفايات، إذ تقرر تخزينها في أماكن عميقة بعيدة عن سطح الأرض بُعدا لا ترجع معه تلك المواد المشعة لتطفو إلى سطح الأرض إلا بعد أن تكون نسبة الإشعاع فيها قد أصبحت ضئيلة لا يقام لها وزن ولا يُخشى منها خطر.

غير أن معارضة بعض الساكنة المجاورة للمواقع التي اختيرت أماكن لذلك التخزين، جعلت السلطات الفرنسية تعيد النظر في ذلك، فتُقَرِّرَ في ديسمبر من عام ١٩٩١ أن تطلق برنامج بحث عن حلول بديلة، على أن لا يُتخذ القرار النهائي في شأن ذلك إلا في عام ٢٠٠٦، بناء على ما ستفضي إليه تلك الأبحاث. فهل يا ترى يجدر بنا التخلص من تلك النفايات نهائيا حتى لا نتركها لأبنائنا إرثا ثقيلا، أم هل

ترانا نحسن فعلا لو أننا تركنا لهم أمر أيجاد سبل للتخلص منها لعلها تكون أنجع مما بأيدينا نحن اليوم من وسائل؟ أم هل إن "الحل الوسط" يقوم على نوع من "التخزين القابل للاستغادة"، يتعين الاجتهاد في تصوره ورسم خطوطه بدقة؟ ما لا شك فيه أن كميات المواد المعنية ضئيلة، وأن أكثر السيناريوهات تشاؤما لا تتحدث سوى عن آثار محدودة جدا في المكان، تمس مساحات ضئيلة - إذ "ليس هناك في مسالة النفايات النووية ما يخشى منه خطر عالمي" - وأن الحلول المعتمدة حاليا، والقائمة على التخزين على سطح الأرض، هي حلول لا تزال صالحة وستبقى قابلة للتطبيق لعقود طويلة قادمة.

مسألة نفاذ الموارد الطبيعية

ليست الطاقة النووية بالطاقة المتجددة كما هو حال الطاقة الشمسية مثلا. غير أن نفاذ مخزون القشرة الأرضية من اليورانيوم والثوريوم ليس بالأمر الذي يُخشى وقوعه في المستقبل المنظور نسبة إلى ما نستعمله اليوم منه، اللهم إلا إذا بقينا إلى الأبد نستعمل التقنيات التي تعتمد على الماء العادي، والتي لا تتيح حتى اليوم الاستفادة من أكثر من واحد بالمائة من الطاقة الكامنة في اليورانيوم الطبيعي، مما يجعله في مستوى مدخرات البترول على أحسن تقدير.

لكننا إذا ما استعملنا تقنيات جديدة - من قبيل المولدات الفائقة surgénérateurs (FBR)، فإن مخزون الأرض من اليورانيوم سيصبح موازيا لمخزونها من الفحم، بل وأكثر، ذلك لأن في مياه البحر كميات من هذا المعدن ما يجعل مخزوننا من الطاقة الانشطارية مخزونا هائلا. ولئن كانت المولدات الفائقة اليوم غير قادرة على تحمل المنافسة، فإنها دون شك ستصبح قادرة عليها إذا ما تضاعفت أسعار المحروقات الأحفورية. وقد أقام مولد Superphénix الحجة على أن هذا النوع من المولدات أكثر أمنا مثل المولدات العاملة بالماء، وإن يكن أعقد منها تقنيةً وأشق صيانة.

والخلاصة أن نفاذ الموارد الطبيعية ليس بالأمر الذي يمكن أن يهدد مصادر الطاقة النووية.

الانتشار

ترى هل يزيد تطور الصناعة النووية المدنية من خطر انتشار الأسلحة النووية، أم هل يحد من ذلك الخطر؟ هذه هي الصيغة التي يُطرح بها السؤال بالفعل، علما أن الجواب ليس بالضرورة سهلا يسيرا.

ليس من الممكن أن نجعل الناس ينسون اكتشاف الانشطار النووي ويتخلون نهائيا عنه. وستظل هناك دائما إمكانية أن تقرر دولة ما أو مجموعة ما أن تصنع أسلحة نووية وأن تتحمل العواقب السياسية الناجمة عن ذلك الاختيار. فلا جدال في أن من يمتلك فوق أرضه صناعة نووية مدنية، قادر على أن يتوصل إلى تصنيع المواد الانشطارية اللازمة لصناعة سلاح نووي؛ غير أن الصناعة النووية المدنية تعني أيضا معاهدات واتفاقات دولية، وتعهدات بعدم تحويل المواد المشعة عن وجهتها المدنية، ولجان تفتيش تعتمد في عملها وسائلَ قياس شديدة الحساسية برهنت غير ما مرة على فعاليتها. وهذا يعني أن قيادة برنامج سري لتصنيع سلاح نووي لن تكون بالأمر السهل على الإطلاق.

أما إذا دفعنا بالتحليل إلى أبعد من هذا، فسنجد أن الإحساس بانعدام الأمن هو من أهم دوافع السباق نحو التسلح. فمخاطر التوتر المحدقة بسوق الطاقة تخلق هذا الإحساس وتنميه، حتى ليكاد المرء يقول إن سعر برميل النفط ينبغي له أن يقاس بكلفة جنود "المارينز" الأمريكيين الذين يحرسون العرش السعودي ويضمنون استقراره ! وعلى هذا الأساس، فإن تطوير الطاقة النووية، إذ يتيح إلى حد ما تنويع سوق الطاقة التي يسيطر عليها النفط سيطرة شبه مطلقة، من شأنه أن يساهم في إرساء الاستقرار الجيوسياسي على مستوى العالم، مما سيخفف دون شك من دواعي انتشار الأسلحة النووية.

خمس وأربعون سنة من النووي: حصيلة وآفاق

أتمت الطاقة النووية خمسا وأربعين سنة من العمر، وهي سنوات ليست بالطويلة قياسا على أعمار باقي أنواع الطاقة. أما الحصيلة فتختلف باختلاف العين التي ينظر إليها بها الناظر. فالمتشائم سيجد دون شك أنها مخيبة للآمال، وسيذكر بأن عدد المفاعلات المشتغلة عام ٢٠٠٠ في العالم أقل من العدد الذي كان متوقعا لها عام ١٩٧٥. لكن لا ننسينَّ من جهة أخرى أن مجموع المفاعلات العاملة في العالم (وعددها ٤٣٠ مفاعلٍ) قد أنتجت في السنة الماضية ما مجموعه ٢٥٠٠ مليار كيلووات، أي ما يعادل ما أنتجته سدود العالم مجتمعة، أو ١٦ بالمائة من الاستهلاك العالمي من الكهرباء، وهي كمية لو شئنا إنتاجها بالوسائل التقليدية لاستدعى الأمر ٥٥٠ مليون طن من البترول، أي مملكة عربية سعودية أخرى جديدة !

لكن في المقابل فإن البرامج تراوح مكانها، بل وتكاد تكون متوقفة في الولايات المتحدة وأوربا الغربية. أما في الشرق، فإن تفكك الاتحاد السوفييتي وحادثة تشيرنوبيل قد تكفلا بوضع حد للبرامج النووية الطموحة التي كانت قائمة هناك. وتبقى آسيا المكان الوحيد الذي لا تزال الصناعة النووية تشهد فيه تطورا، علما أنها لن تستطيع تعويض ما سيضيع حين تتوقف المفاعلات الغربية بانتهاء عمرها الافتراضي. لذلك تتوقع الوكالة الدولية للطاقة النووية أن تنخفض حصة النووي في إنتاج العالم من الطاقة الكهربائية – إذا استمر الأمر على ما هو عليه اليوم – إلى ١٢ بالمائة عام ٢٠١٠، ثم إلى ٨ بالمائة فقط عام ٢٠٢٠.

فهل يا ترى ليس هذا بالأمر الذي يؤبه له؟ هل نحن على يقين تام من عدم نضوب موارد الطاقة الكفيلة بسد حاجة البشرية، ومن قدرتنا على التحكم في ظاهرة البيت الزجاجي، حتى نتخلى بهذا اليسر عن الطاقة "الجديدة" الوحيدة التي ترتسم اليوم بخط واضح على لوحات مشاريعنا المستقبلية؟

مستقبل الطاقات الأحفورية[٦]

بقلم ديدييه
Didier HOUSSIN

أنواع الطاقات الأحفورية

تمثل الطاقات الأحفورية اليوم أهم الموارد التي يستقي منها الإنسان ما يلبي احتياجاته من الطاقة، إذ تغطي خمسة وثمانين بالمائة من احتياجات العالم من الطاقة التجارية (بمعنى أن ذلك لا يتضمن المحروقات الطبيعية غير التجارية)، فيما تغطي الطاقةُ النووية نحو ستة بالمائة من تلك الاحتياجات، والطاقاتُ المتجددة (خصوصا منها المائية) سبعة بالمائة.

يمثل البترول اليوم أهم موارد الطاقة المستعملة على وجه الإطلاق (انظر الشكل ١)

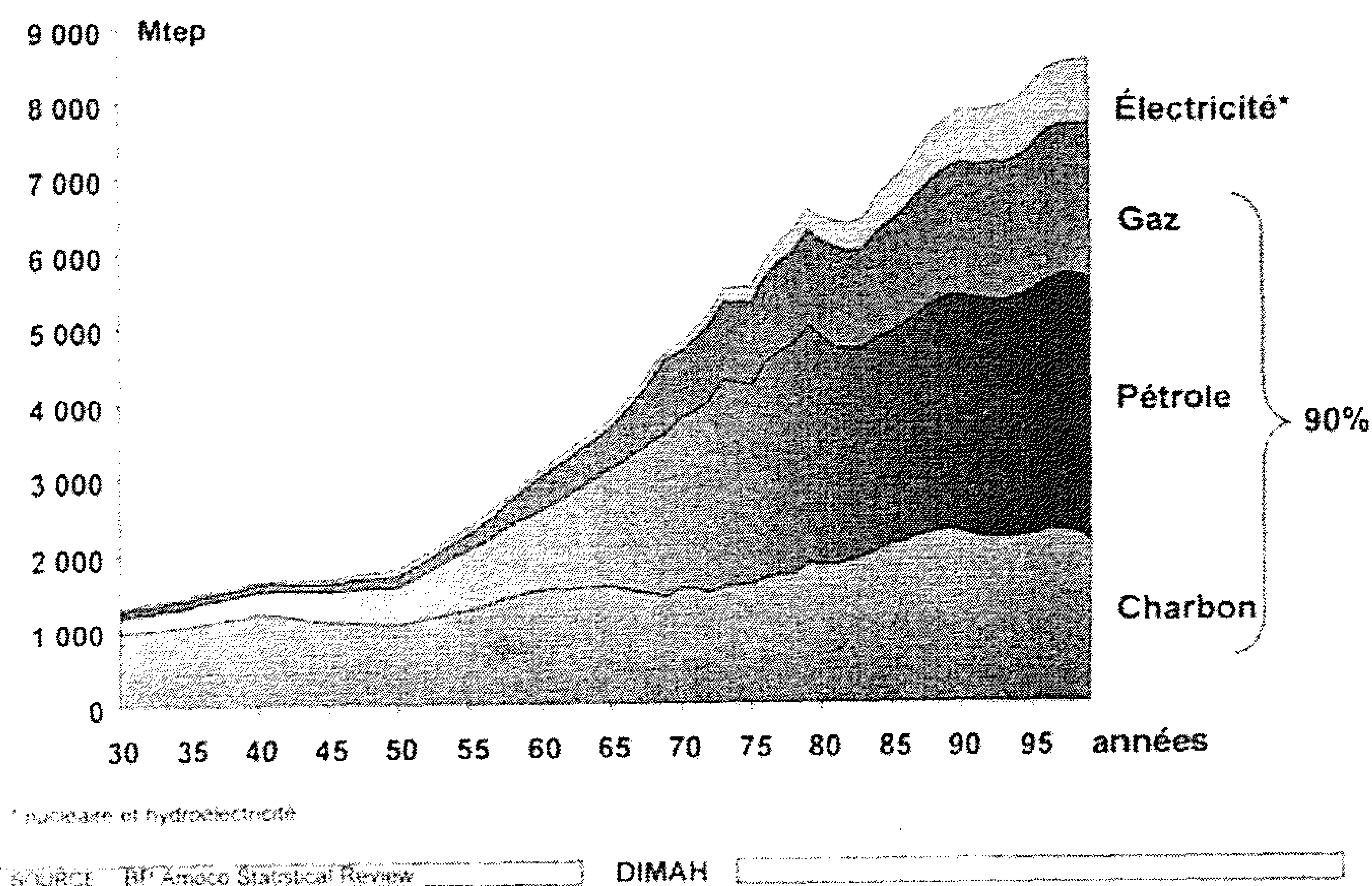
لقد بين عالم اقتصاد الطاقة Paul Frankel في عبارته الشهيرة، حين يقول "إن البترول سائل"، أحدى أهم المزايا التي تميز البترول. وهذه الطبيعة السائلة التي تتيح تخزين البترول وتجعل نقله أمرا غير باهظ التكاليف، هي من أهم أسباب انتشار استعماله وإقبال الناس عليه. فالبترول هو بامتياز طاقة منقولة، والمسافات بين أمكنة استخراجه وأمكنة استعماله لا تمثل أدنى صعوبة تقف دون تسويقه. ويكفي أن نقول على سبيل المثال إن سعر نقل البترول من الشرق الأوسط إلى الولايات المتحدة لا يتعدى دولارين للبرميل في المتوسط.

---

(٦) نص المحاضرة رقم ٢٧١ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٧ سبتمبر ٢٠٠٠.

ويضطلع البترول إلى ذلك بدور الطاقة المعيارية في المجـــال الاقتصـــادي، مما جعله المعيار الأساس في كل ما يتعلق بأسعار الطاقة. أضف إلى ذلـــك تعـــدد استعمالاته، إذ إن المواد المستخرجة منه بعد تكريره تُستعمَل موادا أولية للصناعة، ومحروقاتٍ صناعية، وفي التدفئة المنزلية، وفي إنتاج الطاقة الكهربية.

شكل ١: الاستهلاك العالمي من الطاقة الأولية



ويمثل مجال النقل أهم أسواق البترول. ولا بد من أن نلاحظ هنا أنـــه لـــيس هناك إلى اليوم بديل اقتصادي عنه في هذا المجال الذي يشهد تطورا ســـريعا فـــي البلاد المصنعة. فقد زاد استهلاك البترول في المجالات المتصلة بالنقل بنسبة ستين بالمائة بين عامي ١٩٧٣ و١٩٩٥. ولا غرابة في ذلك متى علمنا الزيادة الكبيـــرة في أعداد البشر وزيادة الحاجة إلى نقل البضائع مع تطور المبادلات التجارية بـــين الدول.

يعد الغاز الطبيعي اليوم أسرع أنواع الطاقة تطورا. غير أن سعر نقله المرتفع يقف عائقا دون زيادة تطور استعمالاته

الغاز والبترول شكلان من أشكال الطاقة قريبان متشابهان. بل إن غاز الميثان (وهو أخف أنواع الهيدروكربونات) يمر عبر مراحل تكوّن تشابه تلك التي يمر بها البترول، ناهيك عن أن مناجم المحروقات البترولية غالبا ما يُستخرَج منها النفط والغاز معا.

غير أن عيب الميثان أنه، بفعل طبيعته الغازية، ليس غنيا بالطاقة في ظروف الضغط والحرارة العادية. ففي ظل هذا الظروف نفسها يحتوي متر مكعب واحد من البترول على كمية من الطاقة تعادل تلك التي يحتوي عليها ألف متر مكعب من الغاز الطبيعي، مما يجعل من الضروري أن يُعمد إلى تكثيف الغاز لجعل نقله أدنى كلفة، وذلك عبر الأنابيب ذات الضغط المرتفع، أو عبر سلاسل من ناقلات الغاز المسال.

ولا حاجة إلى القول إن إسالة الغاز ونقله هي عمليات مكلفة تجعل سعر نقله يضاعف سعرَ نقل البترول من أربع مرات إلى خمس، وفي ذلك حاجز مادي يفسر لماذا تبقى أسعار الغاز خاضعة للمنطق الجهوي أكثر منها للمنطق العالمي، إذ إن مجموع ما يجري تبادله من الغاز بين الدول لا يتعدى عشرين في المائة من مجموع ما يستخدم منه عالميا.

غير أن الغاز الطبيعي رغم هذه القيود يبقى أسرع أنواع الطاقة الأحفورية تطورا، إذ زاد الاستهلاك العالمي منه بمقدار ٢،٤ بالمائة سنويا خلال السنوات العشرين المنصرمة. وقد استطاع الغاز الطبيعي أن يفرض نفسه رويدا على المستهلكين، بفضل سهولة استعماله في شبكات التزويد، وكذا بفضل محاسنه البيئية.

ويشهد استعمال الغاز الطبيعي اليوم نموا مهما في مجال توليد الطاقة الكهربائية، وهو نمو يرجع الفضل فيه إلى تطور تقنيات الدوائر التصنيعية المدمجة (توليد الطاقة الكهربائية وبخار الماء في آن معا).

يغطي الفحم الحجري ٢٧ بالمائة من الحاجات العالمية من الطاقة الأولية، بفضل المكان الذي يحتله كأهم المحروقات المستعملة في مجال توليد الطاقة الكهربائية

يستعمل الفحم الحجري أغلب ما يستعمل في صناعة الصلب وفي توليد الطاقة الكهربائية. وقد كان التطور الذي شهده هذا القطاع الأخير هو السبب في استمرار ارتفاع الاستهلاك العالمي من الفحم. ولا غرو، فمن محاسن الفحم أنه موجود بكثرة في غالب بقاع العالم، وبخاصة منها البلدان النامية التي لديها حاجاتٌ إلى الكهرباء طارئةٌ أكثر مما لدى غيرها من البلاد. وتمثل البلدان الأسيوية ٤٣ بالمائة من الاستهلاك العالمي من الفحم، حيث تمتص الصين وحدها ٢٤ بالمائة من الإنتاج العالمي منه. غير أن ثقل وزن الفحم وما يستدعيه استعماله من ضرورة التخلص بطريقة سليمة من المواد المنبعثة عن احتراقه (من غبار وثاني أكسيد الكربون وغير ذلك)، كلها عيوب تحد من استعمال هذا النوع من الطاقة.

هل بإمكان الطاقات الأحفورية مواجهة الحاجات المرتبطة بالنمو الاقتصادي ؟

تقييم الحاجيات:

النمو الاقتصادي والنمو الطاقي

إن العلاقة بين النمو الاقتصادي والنمو الطاقي علاقة شديدة القوة. فإنتاج الثروة يستدعي استهلاك الطاقة لا غنىً عن ذلك ولا منه مناص، وارتفاع المداخيل يولد لا محالة رغبة متزايدة في مزيد من الرفاهية والحركية، والعلاقة بين الأمرين تتطور مع الزمن تطورا لا يبدو أن طبيعته تتغير بتغير البلدان. فالشدة الطاقية المؤشر intensité énergétique indicateur التي تقوم على قياس مقدار الطاقة

اللازمة لإنتاج ألف دولار من الثروة، تتبع فيما يبدو مسارا منحنيا "على هيئة ناقوس"، من نوع منحنى الرياضي Gauss.

حين يكون بلد من البلدان في أولى مراحل تطوره الاقتصادي، فإن اقتصاده يكون قائما على الفلاحة والصناعة التقليدية، وهما كما نعلم نشاطان قليلا الاستهلاك للطاقة، يعتمدان في غالب حاجاتهما الطاقية على ما تنتجه الكائنات الحية التي تعيش حولهما (من حطب وروث وغير ذلك). فإذا انتقل البلد إلى مرحلة الاقتصاد الصناعي، نشأت بين أهله عادات تستدعي استهلاكا للطاقة متزايدا. ثم تجيء المرحلة الثالثة، فيشهد الاقتصاد تقسيما ثلاثيا مع تطور خدمات لا تستدعي كثيرا من الطاقة، مما يؤدي إلى انخفاض في الشدة الطاقية. غير أنه يجب الإشارة إلى أن انخفاض المحتوى الطاقي للنمو، انخفاضه مع مرور الزمن، لا يعني أبدا انخفاض الطلب على الطاقة. وهكذا فإن زيادة في الثروة بمقدار ١% تؤدي إلى ارتفاع نسبة الطلب على الطاقة بنحو ٠،٧% في البلدان الصناعية وبنحو ١% في البلدان النامية.

واستهلاك الطاقة على المستوى العالمي سائر إلى ارتفاع، وذلك لأسباب أهمها النمو الديمغرافي. فتعداد سكان العالم اليوم يناهز ستة مليارات نسمة، سيصبحون نحو عشرة مليارات عام ٢٠٢٥، ولا أحد يدري كم سيكون عددهم بعد ذلك بربع قرن.

لا تختلف التقديرات عن بعضها اختلافا كبيرا فيما تعلق بنمو استهلاك الطاقة، على الأقل حتى عام ٢٠٢٠. فاستهلاك الطاقة سيشهد فيما يبدو نموا بنحو ٣% سنويا، مع نمو أسرع في البلدان النامية (من ٤ إلى ٦%) منه في بلدان منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية الأوربية OCDE (نحو ٢،٥% تقريبا)، وفي بلدان أوربا الشرقية (نحو ٢% تقريبا). والشدة الطاقية تتناقص بنحو ١% سنويا، في حين يزداد الطلب العالمي على الطاقة بنحو ٢%.

وحسب السيناريوهات التي اتخذها المجلس الدولي للطاقة أساسا لتقديراته، فإن الاستهلاك العالمي حوالي عام ٢٠١٠ ستراوح بين ١١ و١٢ مليار طن من مكافئ بترول، ليبلغ في أفق عام ٢٠٢٠ نحو ١١ مليار طن (حسب سيناريو يقوم على أساس نمو معتدل تكبح جماحه القيود البيئية)، أو نحو ١٥ مليار (حسب سيناريو يقوم على أساس نمو قوي يستفيد من طاقة بأسعار معتدلة)، في حين يشير أكثر السيناريوهات "واقعية" إلى نحو ١٣ مليار طن مكافئ بترول:

- سيبقى البترول أهم مصادر الطاقة وأكثرها استعمالا وشيوعا، وستبقى حصته من مجمل الاستهلاك على حالها دون كبير تغيير، في حين أن استهلاكه الخاص سيزيد ليبلغ نحو ٤ مليارات طن مكافئ بترول عام ٢٠٢٠، إن هو لم يجاوز هذا الرقم بكثير.

- سيرتفع الإنتاج العالمي من الغاز من نحو ملياري طن مكافئ بترول عام ١٩٩٥ إلى أكثر من ثلاثة مليارات عام ٢٠٢٠.

- ما يفسر النمو الذي يطبع استهلاك الفحم الحجري هو ازدياد الطلب على الكهرباء. فهناك اليوم ملياران من البشر لا يتوفرون على الكهرباء، والطلب على الكهرباء في البلدان النامية يتزايد بسرعة تعادل ضعف السرعة التي يتزايد بها الطلب على الطاقة.

- يمكن أن تشهد الكهرباء المنتجة بالطاقة المائية نموا كبيرا في الأحواض الكبرى في إفريقيا وأمريكا الجنوبية والقارة الهندية، فترفع إنتاج هذا النوع من الطاقة من نحو ٠،٦ مليار طن مكافئ بترول عام ١٩٩٥ إلى نحو ٠،٩ مليار عام ٢٠٢٠.

- أدت المشاكل المرتبطة بموقف الناس من الطاقة النووية ابتداء من أواخر التسعينات من القرن المنصرم إلى تراجع التوقعات فيما يتعلق بهذا النوع من الطاقة تراجعا كبيرا، حيث لا يُنتظر أن تتجاوز حصتها مليارا واحدا من أطنان مكافئ البترول عام ٢٠٢٠.

ما هي مصادر الطاقة الأحفورية المتوفرة على المدى البعيد؟

أمام هذه التوقعات، بتزايد الطلب على مصادر الطاقة الأحفورية. فهل لـــدينا ما يكفينا منها حتى أفق ٢٠٢٠ ؟

موارد البترول الخام

يمثل تقدير مخزونات النفط عملا شائكا معقدا. ويُعتمد في تقديرها عادة على ما يعرف باسم الاحتياطات المؤكدة. ويتعلق الأمر بالكميات التي يمكن للخبراء أن يقدروا بطريقة معقولة مدى إمكان أن يكون استخراجها ذا جدوى في ظل الظروف الاقتصادية والتقنية والقانونية الحالية. وتعتمد تقديرات الاحتياطات المؤكـــدة علـــى فرضيات تقنية واقتصادية، مثل سعر برميل النفط وتطور تكاليف الإنتاج.

وتخضع تقديرات الاحتياطات المؤكدة اليوم لدى الشركات المنخرطـــة فـــي بورصة نيويورك لقوانين صارمة، حيث تلزم الشركات بالإعلان عـــن مخزونهـــا تحت مراقبة السلطات المالية الأمريكية.

في مقابل ذلك، فإن الإحصاءات المقدمة من قبل الدول المنتجة تعد أقل دقة، إذ من الممكن أن تقوم تلك الدول بتخفيض تلك الأرقـــام، نظـــرا إلـــى أن حجـــم الاحتياطات المؤكدة يعد أحد أهم المقاييس التي يجري على أساسها تحديد حصـــص الدول الأعضاء في منظمة الدول المصدرة للنفط OPEP منذ عام ١٩٨٨.

ومن الممكن تقدير الاحتياطات المؤكدة اليوم بنحو ١٤٠ مليار طن مكـــافئ بترول، أي ما يعادل نحو ألف مليار برميل مكافئ بتـــرول، وهـــو مـــا يعنـــي أن الاحتياطات المؤكدة كافية لمدة ٤١ سنة، على أساس مستوى الإنتاج الحالي.

تشير تقديرات مخزون البترول إلى نحو أربعين سنة إنتاج، وهـــي راســـية على هذا الرقم منذ عشر سنوات مضت، رغم كون الإنتاج فـــي تطـــور مســـتمر. ولنذكر بهذا الصدد بأن هذه التقديرات كانت منذ ثلاثين عاما مضت لا تجـــاوز...

ثلاثين عاما ! ولا غرو، فلئن كان الإنتاج المتزايد ينقص كل سنة من مقدار الاحتياطات، فإن تطور أساليب الاستفادة من النفط المستخرج، والكميات الجديدة التي يجري اكتشافها بفضل جهود المنقبين، وكذا إعادة تقدير الكميات المتوفرة، كلها عوامل تساهم في الرفع من مقدار المخزون.

نستنتج من هذا أن الاحتياطات المؤكدة ليست في واقع الأمر سوى رأس جبل الجليد الذي تمثله الكميات الحقيقية الموجودة في جوف الأرض. ويختلف الخبراء في تقدير حجم هذا الجبل، بين متفائل يرى أنه يجاوز اليوم ثلاثة آلاف مليار طن مكافئ بترول، ومتشائم لا يراه يبلغ ألفا وثمانمائة مليار طن. والفرق بين الرقمين هو كما نرى كبير، إذ يبلغ أكثر من ألف مليار طن مكافئ بترول، أي مقدار الاحتياطات المؤكدة اليوم كاملة...

حسب رأي المتشائمين، فإننا لا نتوفر سوى على الاحتياطات المؤكدة، أي نحو أربعين سنة حسب الإنتاج الحالي، وسوف يبلغ الإنتاج أقصى حد له - فيما تعلق بالبترول التقليدي - حوالي ٢٠١٠-٢٠٢٠. أما حسب المتفائلين، فإن هناك ما بين ١٢٠٠ و١٤٠٠ مليار طن مكافئ بترول ما زالت لم تكتشف بعد، سيضاعف اكتشافها من كمية الاحتياطات المؤكدة.

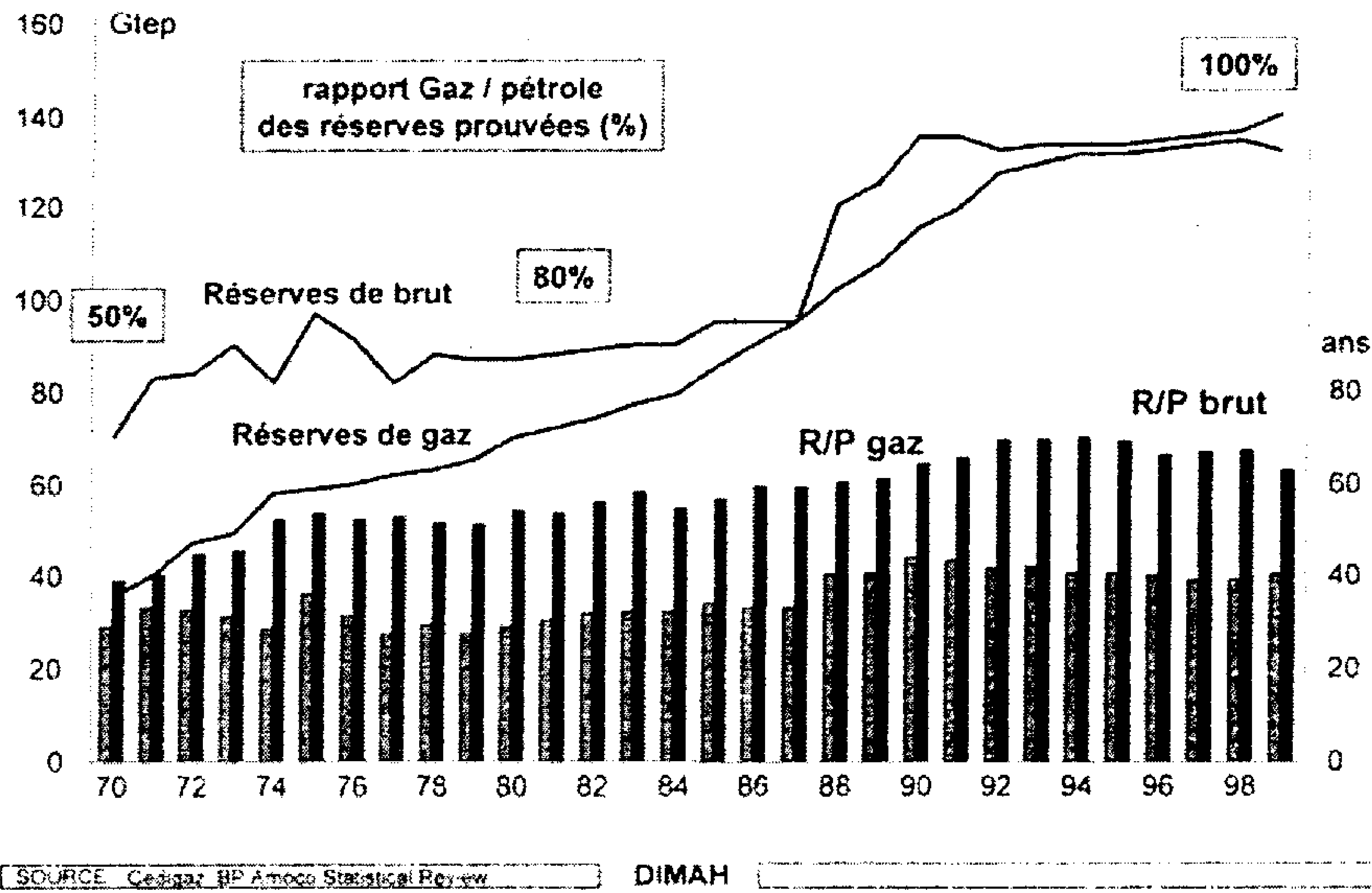
يضاف إلى موارد البترول التقليدي ما يدعى بموارد البترول غير التقليدي، وهي تسمية تشمل أنواع النفط الثقيل جدا extralourd من مثل القار المستخرج في فنزويلا، والرمال الإسفلتية الموجودة في كندا، وهي جميعها أشكال من البترول المتحلل جزئيا بفعل التأكسد. ويمكن أن توفر لنا هذه الأشكال غير التقليدية من البترول نحو ٦٠٠ مليار طن مكافئ بترول إضافية (انظر الشكل ٢)

موارد الغاز الطبيعي

تعادل احتياطات العالم من الغاز الطبيعي - من حيث كميتها المطلقة - احتياطاته من البترول. ولما كان إنتاج الغاز الطبيعي اليوم منخفضا عن إنتاج

البترول بنحو الثلث، فإن ذلك يوحي بأن الغاز سيكون أطول عمرا من نظيره السائل. وتشير التقديرات اليوم إلى نحو ستين سنة متبقية من الإنتاج، علما أنها كانت منذ نحو ثلاثين عاما لا تتجاوز خمسا وأربعين سنة.

تطور المخزون الموثوق منه



أما فيما تعلق بالكميات المختزنة في باطن الأرض، فلا مجال للحديث عن تطوير أساليب الاستفادة من الغاز المستخرج (اللهم إلا في المناجم التي يستخرج منها الغاز والنفط معا)، وذلك بسبب الطبيعة الثورانية éruptif التي تميزه. لذلك فإن الآمال في ارتفاع مقدار الاحتياطات غير المؤكدة تبقى معقودة في هذا المجال على البحث عن جيوب غازية جديدة، أو تَبَيُّن وجود كميات أكبر في المناجم المعروفة. وبما أن التنقيب عن الغاز لم يبلغ ما بلغه التنقيب عن النفط من تطور في الوسائل والاستثمارات، فإن الأمل يبقى قائما، حسب المتفائلين، في العثور على نحو ١٢٠ مليار طن مكافئ إضافية.

أما إسالة الغاز في مكان استخراجه، أي تحويله إلى محروقات سائلة سهلة النقل ونظيفة، فعملية أصبحت اليوم ذات جدوى اقتصادية، مع رسو سعرِ البترول عند ١٨ دولارا للبرميل. وسيتيح تطبيق هذه التقنية على نطاق صناعي واسع توفير نحو ١٠٠ مليار طن مكافئ بترول إضافية ومتكيفة تماما مع حاجات قطاع النقل.

موارد الفحم الحجري

يعد الفحم الحجري أكثر أنواع مصادر الطاقة الأحفورية شيوعا وانتشارا. وتمثل الاحتياطات المؤكدة من هذه المادة (نحو ٥٤٠ مليار طن مكافئ بترول) قرابة ٢٥٠ سنة من الإنتاج.

ونظرا إلى هذا، فإنه قد يبدو من المجدي، في حال حدوث خصاص كبير في الهيدروكربونات في المستقبل، اللجوء إلى تصنيع محروقات سائلة انطلاقا من هذا المخزون الهائل. والحق أن هذه الطريقة التي جرى بالفعل اللجوء إليها في الماضي (خلال الحرب العالمية الثانية وفي أفريقيا الجنوبية، خلال تعرض النظام العنصري البائد هناك للحصار)، مُتحكَّم فيها من الناحية التقنية، غير أنها لا تبدو مجدية اقتصاديا في أفق عام ٢٠٢٠.

توزيع الموارد في المناطق الجغرافية

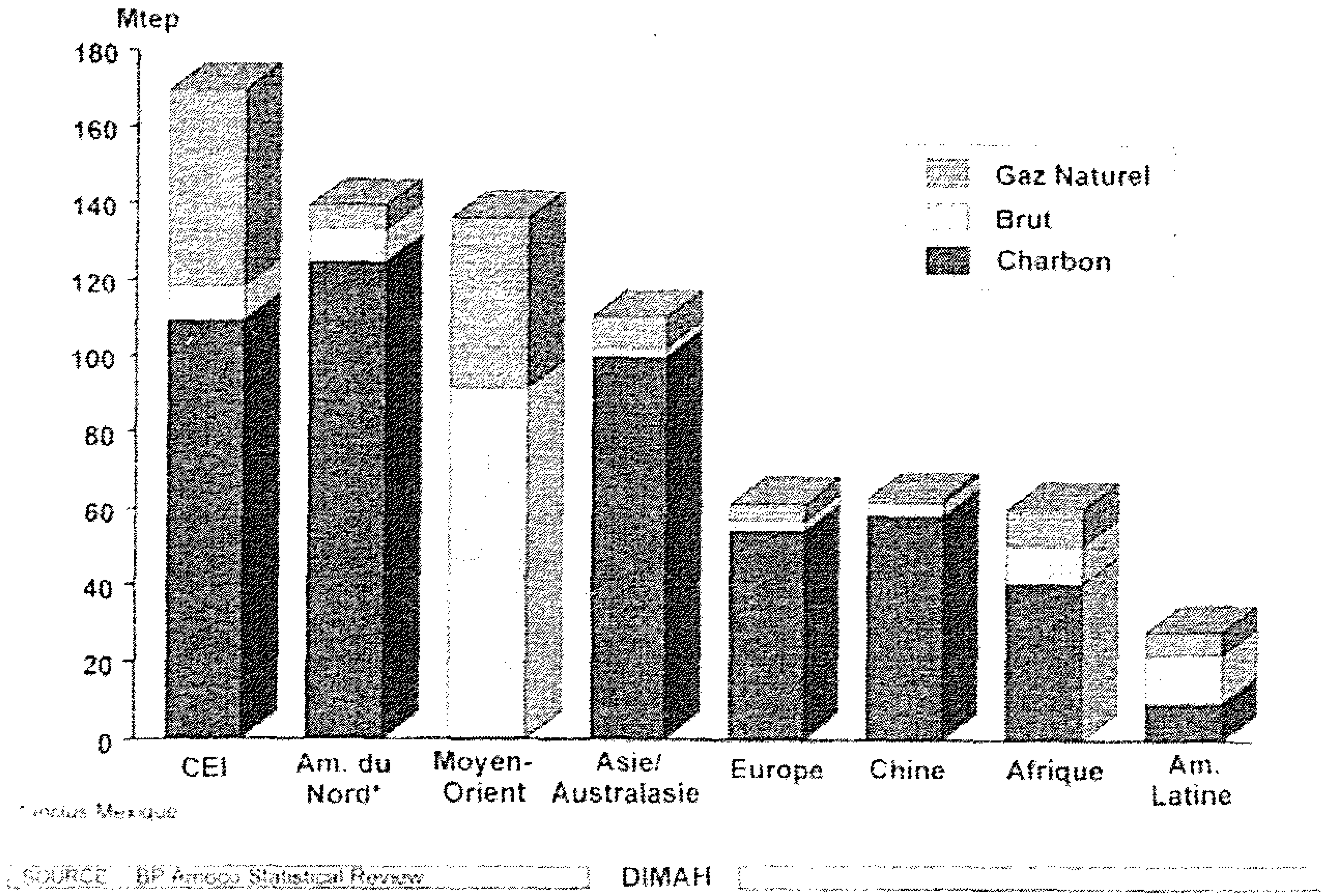
تتنوع الطاقات الأحفورية المعروضة في السوق حسب طبيعتها كما تتنوع حسب الموقع الجغرافي الذي تستخرج منه. فمناجم الفحم الحجري منتشرة في كل بقاع المعمور تقريبا عدا منطقة الشرق الأوسط، في حين تتركز ثلاثة أرباع الاحتياطات المؤكدة من البترول في دول OPEP (علما أن ثلثي هذه الكمية موجودان في الشرق الأوسط)، وتتركز ثمانون في المائة من المخزون العالمي من الغاز في بلدان ما كان يعرف بالاتحاد السوفييتي وبلدان OPEP.

تبين هذه الأرقام بوضوح مدى تركز أغلب موارد البترول والغاز الطبيعي خارج حدود دول منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية الأوربية، مما يطرح مشكل اعتماد الدول المستهلكة وتبعيتها حيال موارد الطاقة هذه. وتبلغ هذه التبعية اليوم نسبة خمسة وسبعين بالمائة من استيرادات البترول وأربعين بالمائة من استيرادات الغاز الطبيعي.

وسيزيد الأمر سوءا بمرور الزمن، إذ إن المنتجين من خارج OPEP يزودون السوق اليوم بستين بالمائة من احتياجاتها، في حين لا يتوفرون سوى على ربع المخزون العالمي، مما يعني أن منابع البترول سوف تزداد في المستقبل تركيزا في عدد محدود من البلدان المنتجة.

هذا التركيز الشديد في الإنتاج يجعل أوربا في موقف ضعف شديد حيال التغيرات الجيوسياسية، بل وكذلك حيال الحوادث الطبيعية، من نحو زلزال يضرب مناطق الإنتاج أو حادث يقع في ممر بحري تعبره الناقلات. ولنذكر في هذا الصدد على سبيل المثال أن ما يقارب ثلث الإنتاج العالمي من النفط من المفروض أن يمر عبر مضيق هرمز بين يومنا هذا وعام ٢٠٢٠ (انظر الشكل ٣).

مخزون الطاقة الأولية الموثوق منه



ما هي العوامل التي يمكنها على المدى الطويل أن تؤثر في حصة كل واحدة من هذه الطاقات في السوق ؟

الآثار البيئية المترتبة على استعمال الطاقات الأحفورية

ليس هناك من وسيلة لاستخراج الطاقة ولا من تقنية لاستعمالها لا تترتب عليها نتائج بيئية (من تلويث للجو على المستوى المحلي، وقذف للنفايات، وتلوث صوتي بفعل الضجيج، واكتساح للفضاء، وتغيير لمجاري المياه الطبيعية، واقتلاع لأشجار الغابات، وما إلى ذلك من آثار). وقد شغل هذا المشكل بال الدول المستهلكة طيلة عقود كاملة، وبخاصة ما تعلق من ذلك بنوعية الهواء. ثم جاء العقد الأخير بشاغل آخر هو ما يعرف باسم ظاهرة الدفيئة أو البيت الزجاجي أو الاحتباس الحراري. وليس هناك من يجادل اليوم في أن حرارة كوكبنا سائرة في ارتفاع، خصوصا على ضوء نتائج الأبحاث العديدة التي أوحت بها النقاشات العديدة الدائرة حول هذا الموضوع منذ مؤتمر ريو دي جانيرو. ومعلوم أن غاز

ثاني أكسيد الكربون من أهم المواد المتسببة في وقوع هذه الظاهرة، وأنه ما من عملية احتراق تعتمد مصدرا من مصادر الطاقة الأحفورية إلا ويترتب عليها انبعاث لهذا الغاز بدرجة تنقص أو تزيد. وتختلف الكميات المنبعثة خلال الاحتراق بطبيعة الحال باختلاف مصدر الطاقة المستعمل. وهذا مقدار ما ينبعث منها في الجو في المعدل:

- ١،٠٩ طن من الكربون عن كل طن مكافئ بترول من الفحم المستهلك.
- ٠،٨٦ طن من الكربون عن كل طن مكافئ بترول من المشتقات البترولية المستهلكة.
- ٠،٦٤ طن من الكربون عن كل طن مكافئ بترول من الغاز الطبيعي المستهلك.

هناك وسيلتان للحد من انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون، أولاهما مضاعفة الجهود الرامية إلى الاقتصاد في استهلاك الطاقة، وثانيتهما إدخال تغييرات على طرائق استهلاكها. ولا شك أن الطريقة التي سيتطور بها استهلاك الطاقات الأحفورية في المستقبل سوف تتأثر تأثرا كبيرا بنوع الإجراءات التي سيجري اتخاذها من قبل الدول لمواجهة ظاهرة الاحتباس الحراري.

على إثر مؤتمري ريو وكيوطو، التزمت تسع وثلاثون دولة، من ضمنها فرنسا، بالعمل على خفض انبعاث الغازات المسببة لظاهرة الاحتباس الحراري، خفضه بما مقداره ٥،٢ % (في المعدل) مقارنة بسنة ١٩٩٠، فيما اتفقت الدول الأوربية التي وقعت المعاهدة على تنسيق الجهود فيما بينها من أجل التوصل إلى تخفيض الانبعاث لديها بنحو ٨ %. ونذكر بهذا الصدد بأن المجهود المطلوب من فرنسا بذله سيكون أهون من نظيره عند غيرها من الدول، وذلك لأن فرنسا تمكنت من خفض انبعاث تلك الغازات لديها بما قدره ٢٥ % بين عامي ١٩٨٠ و١٩٩٠، ونجحت في الحيلولة دون ارتفاع ذلك المستوى فيما بين عامي ١٩٩٠ و١٩٩٩.

ولا يحسبن المرء أن الأرقام المذكورة على صغر شانها أمر يسير. ففي فرنسا على سبيل المثال، وبعد انخفاضٍ خلال عقد الثمانينات من القرن المنصرم، عاد معدل انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون ليرتفع ارتفاعا لا جدال في أن قطاع النقل والمواصلات يتحمل جزءا كبيرا من المسؤولية عنه، ولا في أن التوصل إلى الحد من الانبعاث الذي يسببه هذا القطاع سيكون خطوة أساسا في سبيل الالتزام بأهداف معاهدة كيوطو. وذاك هو الإطار الذي يدخل فيه برنامج تشجيع الاقتصاد في الطاقة الذي قررته الحكومة الفرنسية مؤخرا.

تنافسية الطاقات الأحفورية

يتعين على كل واحدة من الدول الأوربية أن تُعمِل ما بيدها من وسائل – بما فيها القوانين المالية – للتأكد من مراعاة هذه العوامل جميعا. كما يتعين عليها أن تتأكد من أن سعر الطاقة الذي يؤديه المواطن لديها قادر على منافسة الأسعار المطبقة في البلدان الأخرى. فلا ننسينَّ أن الطاقة تبقى عاملا مهما من عوامل الإنتاج، رغم خفض حصته في الناتج الداخلي الخام في بلدان منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية.

وتزيد أهمية الحفاظ على القدرة التنافسية لأسعار الطاقة بالنظر إلى ما يشهده العالم اليوم من اندماج للأسواق الأوربية ومن اتجاه نحو العولمة. هذا هو الهدف الأساس المتوخى من إنشاء سوق أوربية داخلية للطاقة. ولئن كان افتتاح الأسواق أمرا جاريا به العمل منذ زمن فيما تعلق بالبترول والفحم، فإن الأمر ما يزال جديدا بالنسبة إلى الكهرباء والغاز اللذين شارفت الإجراءات الخاصة بإخضاعهما إلى القوانين الأوربية على الانتهاء.

على أن أزمة الطاقة التي نشهدها اليوم تأتي لتذكرنا بأن السوق لا يمكنها أن تكون كل شيء في السياسات الطاقية. فالهدف المنشود هو العمل على تفادي تقلبات أسعار الطاقة المستوردة، والتوفر على أفضل أنواع الطاقة الممكنة على المدى

القصير كما على المدى الطويل. ولا شك أنه سيكون من التقصير أن يعتمد المرء، في توجيه اختياراته على المدى الطويل، فقط على إشارات الأسعار الصادرة عن الأسواق المعروفة بتقلباتها القوية.

إن سعر النفط يبقى سعرا "سياسيا" بامتياز. وكما تقول الطرفة الشائعة، فإن منظمة OPEP والسوق يتقاسمان مناصفة مسؤولية تحديد سعر النفط، فتحدد الأولى الرقمين الواقعين عن شمال الفاصلة، في حين تحدد الثانية الرقمين الموجودين عن يمينها. وقد كان النفط الخام متوفرا في الأسواق خلال عقد التسعينات بأسعار منخفضة نسبيا، تطورت رويدا مراوحة بين ١٣ و ٢١ دولارا للبرميل، أي أنها بقيت أقل من السعر الذي بلغه النفط عام ١٩٧٤، مكذبة التكهنات التي كانت تؤكد أن السعر سيبلغ خمسين دولارا للبرميل مع بداية عام ٢٠٠٠. على أن هذه السنة الأخيرة كما نرى لا تندرج في هذا السياق، إذ جاوز السعر خلالها ٢٨ دولارا لبرميل.

ليس التكهن بأسعار النفط على المدى المتوسط بالأمر اليسير، غير أننا نعتقد أن تلك الأسعار ستراوح بين ١٠ و٣٠ إلى ٣٥ دولارا للبرميل. وسعر ١٠ دولارات هو أدنى مستوى ممكن، وتحدده الأسعار الجانبية الخاصة باستخراج النفط من بحر الشمال ومن ألاسكا. وهو يمثل كذلك سعرا لا يمكن للدول المنتجة احتماله، نظرا لاعتماد اقتصادها إلى حد بعيد على عائدات النفط، ونظرا لما تشهده تلك البلدان من نمو ديمغرافي قوي. أما إذا ما جاوز السعر ٣٥ دولارا، فإن ذلك من شأنه أن يخفض من الطلب، لأن الزبناء سيلجأون عند ذلك إلى تشجيع سياسات اقتصاد الطاقة، علاوة على أن استثمارات جديدة سوف تعمل حينذاك على زيادة العرض.

لقد قامت المفوضية العامة للتخطيط باعتماد ثلاثة سيناريوهات في هذا الاتجاه، يقوم أولها على أساس رسو الأسعار على المدى الطويل عند حدود ١٧ دولارا للبرميل، والثاني على أساس ارتفاع يبلغ بالأسعار ٢٥ دولارا للبرميل في

حدود عام ٢٠٠٥، لتستقر بعد ذلك عند هذا الحد، فيما يقوم السيناريو الثالث على أساس ارتفاع الأسعار لتبلغ حوالي ٣٠ دولارا بين عامي ١٩٩٥ و٢٠١٠، ثم لتستقر بعد ذلك عند هذا السعر.

تكاليف استخراج مصادر الطاقة الأحفورية

تجدر الإشارة إلى ما تمتعت به مصادر الطاقة الأحفورية من أفضلية على مستوى الأسعار النسبية خلال السنوات الخمس عشرة المنصرمة. وقد انخفض سعر تكلفة استخراج البترول ما بين ١٩٨٥ و١٩٩٥ انخفاضا يبشر باستمرار تمتعها بتلك الأفضلية مستقبلا.

لقد أدى ضغط الأسعار المنخفضة إلى حدوث طفرة كبيرة في وسائل التنقيب والاستخراج، خصوصا مع تطور وسائل التنقيب الأفقي والتنقيب عبر الهزات الارتدادية بحساب الأبعاد الثلاثة، واندماج علوم الأرض وتكاملها فيما بينها، إلى غير ذلك. والحصيلة أن التطورات التقنية وما أتاحته من زيادة في الكميات المستخرجة، قد أدت إل خفض الكلفة التقنية لاستخراج النفط بمعدل دولار واحد في السنة عن كل برميل فيما بين عامي ١٩٨٥ و١٩٩٥. وتعمل شركات النفط الكبرى اليوم على تطوير مناجم مضمونة الجدوى على أساس سعر لا يتجاوز ١٥ دولارا للبرميل.

ولا شك أن المنافسة التي تفرضها المصادر غير الأحفورية لإنتاج الطاقة الكهربائية ستكون بدورها عاملا مهما في احتدام المنافسة بين مختلف مصادر الطاقة.

لقد ازداد الطلب على الكهرباء بين عامي ١٩٧١ و١٩٩٣ بما معدله ٤،١ بالمائة سنويا، في حين ازداد الطلب على الطاقة الأولية خلال الفترة نفسها بنسبة ٢،١ في المائة فقط سنويا. ومعنى ذلك أن مصادر الطاقة النووية والمائية وغيرها

من أنواع الطاقات المتجددة، قد برهنت على قدرتها على اختراق هذا القطاع الذي يتميز ينمو قوي، وعلى منافسة مصادر الطاقة الأحفورية فيه. والأرقام خير دليل على ذلك. فالطاقة النووية تمثل ١٧ % من إنتاج الكهرباء على الصعيد العالمي، في حين تغطي الطاقات المتجددة (وبخاصة منها المائية) ١٩ % من هذا الإنتاج. وقد تمكنت فرنسا، بفضل استثماراتها في مجال الطاقة النووية، من التمتع اليوم بتكلفة للكيلووات قادرة جدا على المنافسة، مما أتاح لها التخفيف من اعتمادها على استيراد المحروقات الهيدروكربونية. ولا شك أن مستقبل الطاقة النووية سيكون له كبير الأثر في تطور استهلاك مصادر الطاقة الأحفورية على المستوى العالمي.

خاتمة

لن يَعدِم العالم نفطا خلال السنوات العشرين القادمة، لكن السؤال يُطرح بحدة فيما تعلق بأفق ٢٠٥٠. فما إن يبلغ الإنتاج حده الأقصى حتى تجعل المزايدات على أسعار البترول استعمال هذه المادة مقصورا شيئا فشيئا على القطاعات ذات القيمة المضافة العالية، مثل النقل والصناعة الكيماوية، وهما كما نعلم لا يجدان عن النفط حتى اليوم بديلا. أما الغاز، ورغم أن موارده أطول عمرا، فإنه يشكو من العيب المتمثل في تكاليف نقله المرتفعة. وأما الفحم الحجري فإن استعماله سائر دون شك في تناقص بسبب انبعاثات الغاز التي تنجم عن استعماله (ظاهرة الاحتباس الحراري). لهذه الأسباب جميعا يتبين أنه لن يكون هناك ذات يوم مناص من سياسات طاقية جادة وحازمة، ومن تكييف استعمال التقنية النووية لإنتاج الطاقة عالميا، ومن تحقيق تقدم تنافسي فيما تعلق بالطاقات المتجددة. إن الانتقال إلى اقتصاد ما بعد البترول ليس بالأمر الذي يستطيع المرء أن يحدد له تاريخا معينا، وذلك بالنظر إلى كل أنواع القطيعة الممكن حدوثها على مستويات النمو الديمغرافي، وتغير تنظيم المجتمع مع ظهور نسق المبادلات عن بعد، ناهيك عن أنواع القطيعة التكنولوجية الممكنة. ولنذكر على سبيل المثال بهذا الصدد

التطور الذي يشهده استعمال بعض أنواع مصادر الطاقة غير التقليدية، مـن مثـل النضيد الغني بالقار وأنواع هيدرات الغاز، فضلا عن تطور بعض التقنيات الحديثة من مثل تقنية البطارية العاملة بمحروق.

ومهما يكن الأمر، فإنه يتعين من اليوم مواصلة ومضاعفة الجهود الراميـة إلى الاقتصاد في استهلاك الطاقة، وإلى تشجيع استكشاف مسالك ووسائل بديلة.

ويبقى دور المواطن في اختيار وتحديد السياسة الطاقية دورا مهما خطيـرا. فهل نحن مستعدون، بما نحن مواطنون، للتقليل من تنقلاتنـا، وللقبـول بركـوب سيارات النقل الجماعية، أو لتأدية ثمن أعلى مقابل ما نستهلكه من محروقات ومـا نركبه من سيارات، من أجل الحد من انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون؟

مراجع

– Bauquis (P.-R.), « Un point de vue sur les besoins et les approvisionnements en énergie à l'horizon 2050 », *Revue de l'Énergie*, n° 509, 1999.

– Burucoa (X.), Durand (B.), *Place du pétrole et du gaz dans la couverture des besoins énergétiques futurs*, cours de l'ENSPM, 1999.

– CEA, 1988.

– Commissariat général du Plan, « Énergie 2010-2020 », rapport de l'atelier « Le contexte international », 1998.

– Favennec (J.-P.), *Exploitation et Gestion de la Raffinerie*, Paris, Technip, 1998, chap. I et III.

– Germain (J.), *Pétrole et gaz dans le panorama énergétique mondial*, rapport 53 065, ifp, 2000.

– International Energy Agency, World Energy Outlook, IAE/OCDE, 1996.

– Ngo (C.), *Quelles énergies pour demain ?*, Commissariat à l'énergie atomique, Direction de la stratégie et de l'évaluation, 1998.

المحركات البيولوجية(٧)

بقلم چاك برو
Jacques PROST

لم تكد تمضي اليوم ثلاثون عاما – بل وعشرون في عدد كبير من الحالات – منذ أن استطاع المجتمع العلمي أن يعي حقا وجود وأهمية الآلات الحقيقية التي تشتغل على المستوى الجزيئي في عالم الأحياء. وعلى الرغم من أن العامل المحرك في العضلات، والمعروف باسم الميوزين myosine قد تمكن العلماء من عزله (وإنْ وسط عناصر أخرى مختلطة) منذ أواخر القرن التاسع عشر، فإن التحكم في هذه الآلة في المختبر قد استدعى منهم قرنا كاملا من البحث والعمل. ولئن استطاعوا، حوالي منتصف القرن العشرين، أن يكونوا فكرة "معقولة" عن طريقة عمل العضلات، فإنهم كانوا لا يزالون أبعد ما يكونون عن التحكم في العامل المحرك فيها على المستوى الجزيئي. ونحن نعرف اليوم أن هناك على وجه الخصوص ثلاثة أنواع من الآلات التي تضطلع بدور بالغ الأهمية داخل الكائن الحي: الآلات "الخطية"، التي تتمثل بالأساس في محرك العضلات الذي ذكرناه، والآلات "الدائرية"، من مثل تلك التي تدير أهداب البكتريا المعروفة باسم بكتريا E. Coli، وأخيرا الآلات الأكثر تعقيدا، من مثل تلك التي تتولى إصلاح الشفرة الجينية أو إعادة نسخها وتركيب البروتينات وغير ذلك.

لن أعرض بالحديث في هذه العجالة للصنف الثالث من المحركات البيولوجية، لكن ما يتعلمه المرء عن المحركين الآخرين سيساعد في فهم الأنساق المعقدة التي تمثلها "مصانع" تركيب البروتينات وآلات إصلاح الشفرة الجينية.

---

(٧) نص المحاضرة رقم ٢٧٢ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٨ سبتمبر ٢٠٠٠.

ما الفائدة من هذه المحركات ؟

تضطلع المحركات الدائرية بنوعين رئيسين من الوظائف. فهي لدى الكائنات البدائية (أحادية الخلية) تُستعمل لتمكين بعض أنواع البكتريا من الحركة. وتكون في هذه الحالة مرتبطة بإحكام إلى الأهداب المتدلية من جوانب البكتريا، فتعطيها بدورانها حركة لولبية تجعلها تتصرف في الفضاء المحيط كما تتصرف الأداة المستعملة في اقتلاع السدادات في جسم الفلين، مما يولد الحركة. أما لدى الكائنات القادرة على التوالد الجنسي، فإن أهم مثال يضرب في ذلك هو مثال آلية التصنيع المعقدة التي تركب حمض ATP (أو الأدينوزين مثلث الفسفور، وهو بمثابة محروق حقيقي بالنسبة إلى الخلايا). والحق أن هذا الحمض ليس هو المحروق الوحيد الذي تستعمله الخلية، لكنه هو المهيمن على "السوق" إن جاز التعبير. فما من شخص منا إلا ويُركب في كل يوم مقدارا من هذا الحمض يعادل وزنه كاملا. وفي هذا ما يكفي للتدليل على الأهمية التي تكتسيها معرفة طريقة عمل الآلات الداخلة في هذه العملية اليومية الضخمة المعقدة.

تستطيع هذه المحركات أن تدور بسرعة عدة آلاف من الدورات في الدقيقة، أي أنها تضاهي بسرعتها محركات سياراتنا اليوم، رغم أن حجمها لا يتجاوز بضع عشرات الأجزاء من المليار من المتر. ولو كان الإنسان قادرا أن يصنع مثلها لكانت لدينا اليوم محركات ذات حجم يناهز المسافة بين الأرض والقمر، تدور بسرعة آلاف الدورات في الدقيقة. وانظر إلى القمر كم يبدو بطيئا بالمقارنة...

أما المحركات الخطية، فتتمتع بالقدرة على الاشتغال في أمكنة متعددة في آن معا. فهي عبارة عن بروتينات قادرة على التحرك زحفا على ظهر بروتينات أخرى (هي ما يعرف باسم شعيرات هيكل الخلية cytosquelette) تماما كما تتحرك شاحنة كبيرة فوق إسفلت الطريق، مع فرق أن ما يحدد وجهة الحركة هنا هو بنية الطريق، أي الشعيرة التي تتحرك البروتينات على ظهرها. وقد تحدثنا في مقدمتنا القصيرة عن دور هذه البروتينات في تحريك العضلة، وذكرنا أنها تعرف

باسم الميوزين. وهي قادرة، على المستوى الجزيئي، على سحب الشعيرات تماما كما تسحب آلة الجر حبلا ترفع به ثقلا، فتتيح بذلك انقباض العضلات وارتخاءها. ولو لم يكن للمحركات الخطية من دور غير هذا الدور لكفى به دافعا للعلماء كي يشبعوها بحثا وتمحيصا، لما لذلك من أهمية طبية قصوى في ارتباط مع مشاكل الحركة وما تعلق بعمل عضلة القلب. لكنها تضطلع في الواقع بأدوار لا تقل أهمية عن تحريك العضلات. فهي التي تتكفل بأهم جزء من النقل الكيميائي داخل الخلية. ولنضرب مثلا بسيطا في ذلك مجموعةً من الكريات المحاطة بغشاء، والمحتوية على مُركَّب يتعين نقله إلى المكان المناسب (وليكن على سبيل المثال ناقلا عصبيا ينبغي إيصاله إلى نقاط الاشتباك في خلية عصبية). فإذا استرجعنا مثال الشاحنة المذكور آنفا، قلنا إن المحرك الجزيئي يضطلع بدور الجرار، في حين تمثل الكريات المليئة بالناقل العصبي الثقلَ المجرور. وسنرى كيف أن الواقع أكثر مرونة وأشد تعقيدا في آن. ثم إن المحركات تتحكم في مراحل توالد الخلايا من أول تلك المراحل إلى آخرها، إذ يقوم بعضها على تجميع الصبغيات ثم تفريقها، ويقسم بعضها الآخر الخلية نصفين، كل ذلك بدقة صارمة لا يكاد الخطأ يجد إليها سبيلا. وهناك خلايا عديدة تستعمل المحركات البيولوجية استعمالا خاصا بكل منها، نذكر من بينها خلايا الغشاء الداخلي للأمعاء، وخلايا الكليتين، والخلايا السمعية وغيرها. وكثيرا ما يقوم عمل تلك المحركات على بنيات ذات أهداب، فالأهداب والأسواط تكون في العادة قادرة على الخفقان، مما يتيح أنواعا من الحركة كالانتقال من مكان إلى آخر وتثبيت الأعضاء المختلفة في مكانها أثناء عملية تكون الجنين، مرورا بطرد المخاط من الشُعب الرئوية... من هنا تتضح أهمية فهم هذه الآليات كأمثل ما يكون الفهم، والتحكم فيها كأحسن ما يستطاع التمكن.

أسئلة عالم الأحياء

تختلف طبيعة الأسئلة التي يطرحها العالم المهتم بدراسة المحركات البيولوجية باختلاف اختصاص هذا العالم. وطبيعي أن أول ما سيسعى عالم الأحياء

إليه في هذا الصدد هو تحديد مختلف أنواع المحركات وتصنيفها في مجموعات متجانسة. والمجموعات التي حددها الأحيائيون حتى اليوم ثلاث:

- مجموعة الميوزين les myosines، التي تتضمن خمسة عشر صنفا معروفا حتى اليوم، يجمع بينها التشابه في الجزء المحرِّك منها، وتميزها عن بعضها أجزاؤها الثابتة التي تختلف باختلاف الدور المحدد المطلوب من كل منها الاضطلاع به على مستوى الخلية.
- مجموعة الكينيزين les kinésines، التي تتضمن سبعة وأربعين صنفا، يجمع بينها هي أيضا تشابه أجزائها المتحركة، وتميزها عن بعضها الأجزاء الثابتة. وعلى سبيل المثال، فإن واحدة منها لا غير هي التي تتدخل في آخر مراحل انقسام الخلية. وسوف أعود في خاتمة الكلام للحديث عن أهمية ملاحظتي هذه.
- مجموعة الدينيين les dynéines، التي يقسمونها في العادة صنفين، هما الدينيين الخلوية les cytosoliques (من مثل تلك التي تتدخل في عمل الخلية)، والدينيين الهدبية (من مثل تلك التي تؤول إليها مسؤولية تحريك أهداب الكائنات متعددة الخلايا، أي أهداب الشعب الرئوية وزعانف الحوينات المنوية وغيرها)، ولا شك أن هناك الكثير منها مما لا يزال بالنسبة إلينا حتى اليوم مجهولا.

والحق أنه من النادر أن تعتمد وظيفة بيولوجية معينة على نوع واحد من المحركات. فالأنواع جميعها تشارك في إنجاز الوظيفة بشكل أو بآخر، مسهمة في ضمان حسن سيرها. ولا يزال تحديد محركات جديدة تضطلع بمهام دقيقة محددة جاريا، كما يدل عليه ما سمعنا عنه من اكتشاف نوع جديد من البروتينات الكينيزية في معهد كوري الفرنسي.

هناك سؤال مهم آخر يطرحه عالم الأحياء، يتعلق بإمكانات التحكم في نشاط المحركات البيولوجية. ويجري هذا التحكم بواسطة بروتينات أخرى، تكون مرتبطة

إما بالمحرك نفسه مباشرة، أو بشعيرات الهياكل الخلوية، أو بمركبات تتفاعل مع المحرك. والأمر يتعلق هنا بمسائل مركزية في علم الأحياء، لذا فمن الطبيعي أن يبحث المرء عن معرفة تفاصيل الطريقة التي تشتغل بها هذه المحركات. أما أمثل ما يطمح إليه العلماء، فهو التوصل إلى المزاوجة بين هذه التفاصيل وبين البنية الجينية. وأخيرا فإن ما احتلته تلك المحركات من مكانة وما ميزها من تنوع على مر الزمن مع عملية التطور، هي أيضا مسائل ذات أهمية. فلا ننسينَّ أن ظهور المحركات الخطية قد أتاح للخلايا أن تزداد حجما، إذ استبدل بالنقل عن طريق الانتشار (وهو نقل يضحي في غاية البطء ما إن تجاوز المسافة المطلوب قطعها جزءا من مليون من المتر) بالنقل الموجه الذي يضلع به المحرك.

أسئلة عالم الفيزياء

إذا ما استثنينا الأسئلة المتعلقة بالآلية الدقيقة لاشتغال المحركات البيولوجية – وهي أسئلة يطرحها العلماء جميعا بغض النظر عن اختصاصاتهم – فإن أسئلة عالم الفيزياء ذاتُ طبيعة مختلفة. وعلى سبيل المثال، فإن هناك سؤالا طالما استأثر باهتمام علماء الفيزياء الإحصائية، يتعلق بإمكان التوصل إلى تحقيق اشتغال متحكَّم فيه مثلما نتحكم في اشتغال محركات سياراتنا، وذلك على المستوى الجزيئي المعروف عنه أن التهييج الحراري يبعث فيه قصفا عشوائيا متواصلا. والحق أن الجواب على هذا السؤال سهل بسيط، رغم أن التقنيات النظرية التي تقود إليه ليست بالضرورة بسيطة: فكمية الطاقة التي تدخل في هذه العملية تعادل من مرة إلى بضع عشرات من المرات الطاقة الحرارية. وهذه الملاحظة تكاد في الواقع تكون عامة، إذ إن الطاقات القريبة جدا من الطاقة الحرارية لا تتيح بناء سلوكات منظمة، في حين أن الطاقات الكبيرة جدا تؤدي إلى قيام ارتباطات قوية تمنع كل حركة. والكمية المناسبة في هذه الحالة هي على وجه التقريب عشر مرات كمية الطاقة الحرارية.

هناك سؤال آخر يطرحه عالم الفيزياء، يتعلق بكفاية rendement هذه المحركات. لكن هل نحن هنا بصدد الحديث عن محرك كالمحركات التي نعرفها، حتى يجوز لنا أن نقيس العلاقة ما بين القوى الخارجية المطبقة على المحرك وبين سرعة دورانه؟ ما هي القواعد العامة التي تحدد كفاية المحركات؟ ما الذي يجعل المحركات الدائرية قادرة على استهلاك الطاقة لتنتج حمض ATP، وعلى استهلاك هذا الأخير لإنتاج الطاقة، في حين لا تستطيع المحركات الخطية أن تشتغل سوى في الاتجاه الأول وحده؟ هناك أيضا أسئلة أخرى ذات طابع أكثر إيغالا في التقنية، منها مثلا مسألة زمن التفاعل بين المحركات الخطية وشعيرات الهيكل الخلوي. ولئن كان الحصول على أجوبة شافية على المستوى الجزيئي أمرا غير وارد في الوقت الراهن، فإنه من المهم تحديد القوانين العامة.

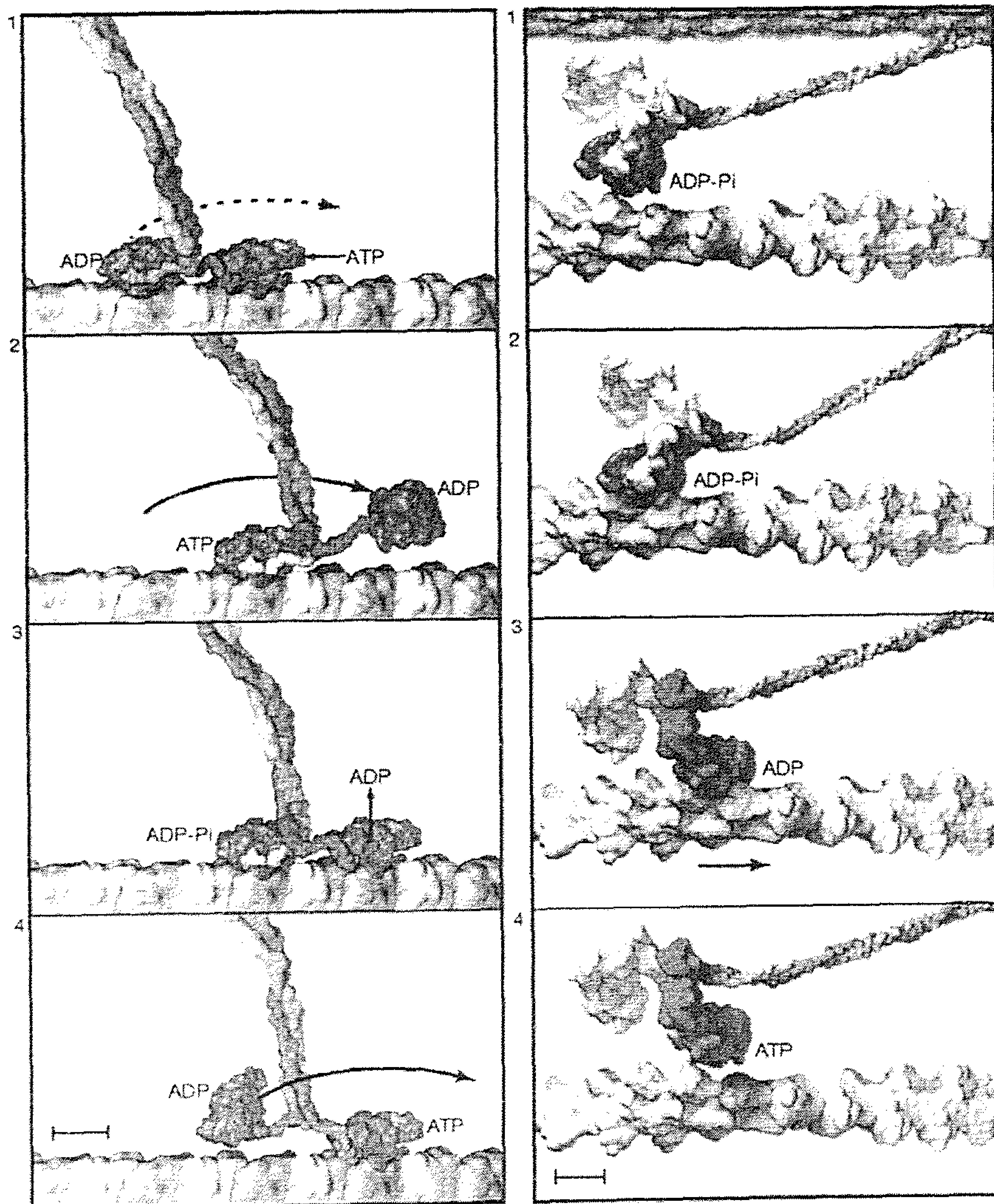
رغم أن المجتمع العلمي قد أولى اهتمامه - لأسباب جمالية فيما نحسب - لآليات الاشتغال الفردي للمحركات، فإن فهم طريقة اشتغالها الجماعية أهم وأجدى. فالمحركات البيولوجية غالبا ما تشتغل مجتمعة في الوضعيات البيولوجية المختلفة، فيتدخل عدد كبير منها في الوضعية أو العملية الواحدة. فما الذي تُراه يجعل الفرق كبيرا بين طريقة اشتغال مجموعة من المحركات وطريقة اشتغال محرك واحد؟ وبشكل أعم، ما الذي يقع بالضبط حين تتفاعل شعيرات الهيكل الخلوي مع المحرك ومع أغشية الخلية؟ هل هناك من قواعد عامة للضبط الذاتي؟

الآلية الجزيئية ومسالة الكفاية

يرسم الشكل ١ (يمينا)، تمثيلا لجزيء من الكينيزين أثناء تفاعله مع شعيرة تعرف باسم microtubule. ونرى بوضوح في مقابل الشعيرة طرفين. يسمى كل منهما "رأسا"، قادرين على الارتباط بجسم الشعيرة واحدا تلو الآخر، في حركة شديدة الشبه بحركة القدمين أثناء المشي. وهذا المشي لا يتأتى إلا إذا توفرت الطاقة اللازمة، أي من خلال عملية تحليل حمض ATP. وتساهم تجارب عديدة

في إعطاء هذه الفكرة البسيطة عن الآلية الجزيئية. فنحن نعلم على وجه الخصوص أن تحرك الكينيزين يجري عبر قفزات متتالية يعادل طول كل منهـا طـول دورة واحدة من دورات الشعيرات، كما أن طريقة اشتغال آلية التحليـل معروفـة لـدينا جيدا. غير أن تفاصيل العملية كلها لا تزال إلى اليوم غير معروفة بما يكفي. وقـد بدأنا في معهد كوري تجربة نأمل أن نستطيع عن طريقها أن نـربح عامـل ١٠٠ على التحقيق الزمني للفعل البسيط في المشي. بل إن فريقا يابانيا قـد نجـح فـي تركيب دويدة اصطناعية برأس واحدة، تكاد تجيد التحرك كمـا تجيـده الكينيـزين التقليدية. وهي تجربة إذا اتضح صدقها ستقود إلى إعـادة النظـر فـي الصـورة التقليدية التي لدينا عن الحركة برمتها. أما صورة اشتغال الميوزين فتختلـف عـن ذلك بعض الاختلاف (الشكل ١ شمالا)، إذ إن دورة تثبيت حمض ATP وتحليله ثم تحرير حمض ADP مع ذرة فسفور متأينة، تستدعي دورة يجري خلالها انفصـال الشعيرة (وهي هنا الأكتين)، وإعادة تشكل الجزيء ثم الالتحاق بموقع جديد، تماما كما يفعل إنسان يتسلق حبلا وهو يستعمل ذراعيه دون ساقيه. ولـئن كنـا غيـر متأكدين حتى اليوم من مدى صدقية هذه التصورات، فإننا قادرون في مقابل ذلـك على وضع نظريات عامة تتيح التكهن الكمي بالتصرفات المنتظرة مهمـا كانـت طبيعة وتفاصيل الآلية المؤدية إليها.

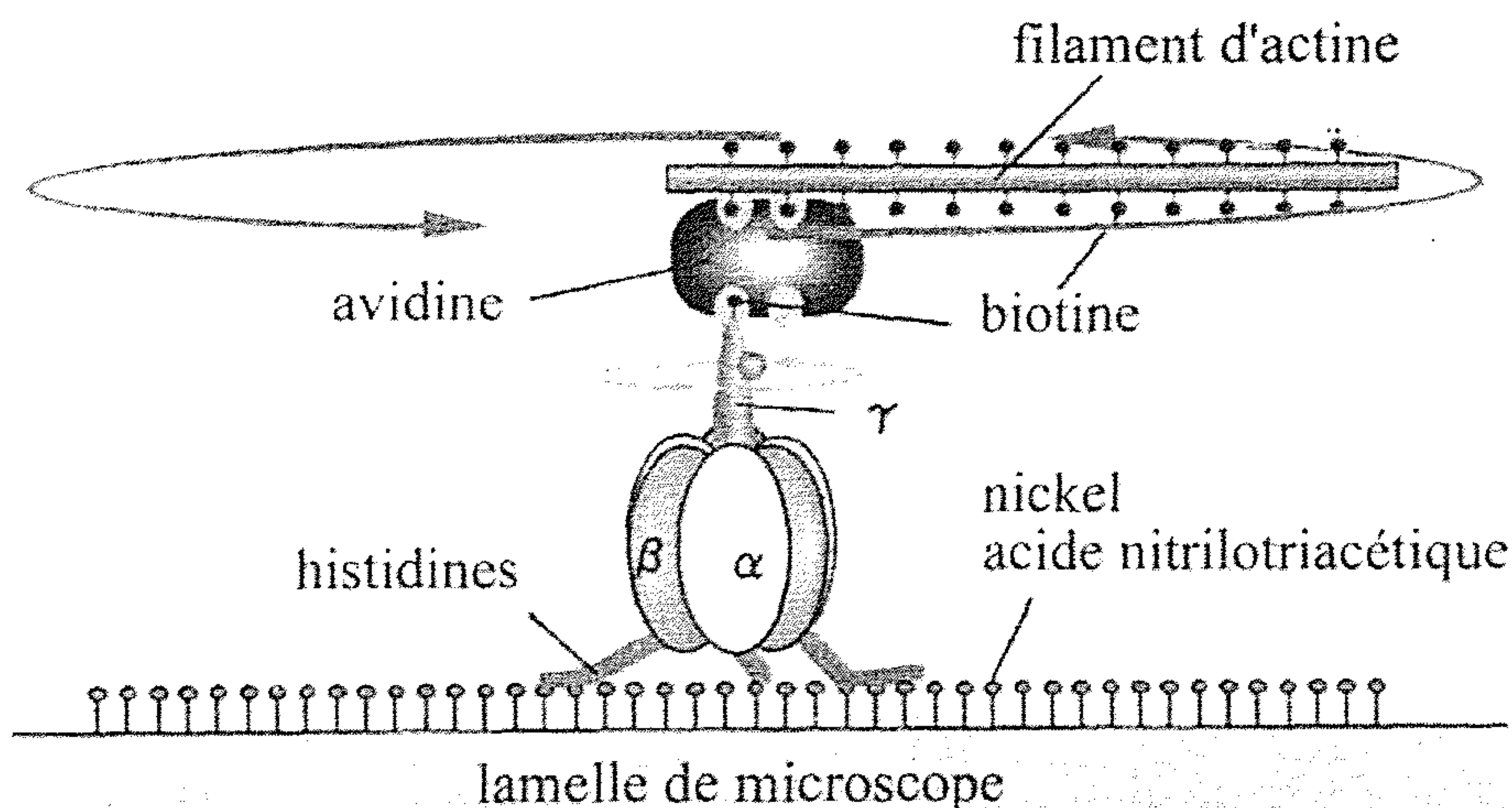
الكينيزين فى تفاعل مع أنبوب مصغر　　　　اشتعال الميوزين

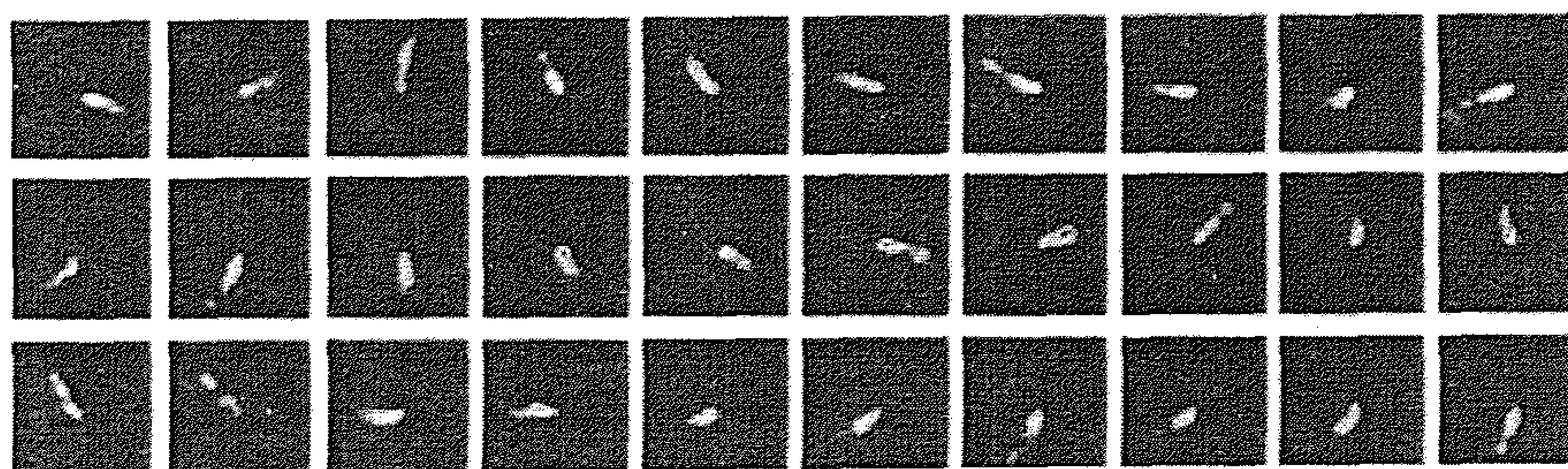


الكينيزين والميوزين، عن مقال "كيف تتحرك الأشياء؟ نظرة تحت غطاء المحركات البروتينية الجزيئية"، في Sciences، عدد ٧ أبريل ٢٠٠٠، صفحات ٨٨-٩٥

كما أننا نعلم من جهة أخرى أن استعمالنا لفظة "محرك" في هذا المجال لا يجانب الصواب، ذلك أن هذه البروتينات، على صغر حجمها، تتصرف تماما كما تتصرف محركات سياراتنا، إذ تتحرك (أو تدور كما هو شأن المحركات الدائرية) فتستهلك الطاقة وتمد العالم الخارجي بمقدار من الجهد الميكانيكي أو الحركي. وقد بينت تجارب رائعة قادها فيزيائيون وعلماء أحياء، كيف أن تلك البروتينات قادرة على تحريك أثقال عن سبيل دفعها (أو تحريكها بشكل دائري كما هو شأن المحركات الدائرية)، ومعنى ذلك أنها تمد الأثقال بمقدار من الجهد الميكانيكي، وتلك هي كما نعلم أهم خصائص المحرك.

في حال المحرك الدائري من نوع F1 ATPase، أتاحت تجربة فريدة (انظر الشكل ٢) للعلماء أن يتبينوا أن الدوران يجري عبر قفزات متتالية مقدار كل منها ١٢٠ درجة، وأن كفاية هذه المحركات تكاد تبلغ مائة بالمائة، مما يجعلها أفضل بكثير من كل المحركات الانفجارية التي استطاع الإنسان صنعها حتى اليوم. وقد اندهش العلماء لهذه الكفاية الكبيرة، وما كان لهم أن يندهشوا، وذلك لسببين.





محرك F1 ATPase، عن مقال "F1 ATPase، محرك دائري من جزيء واحد"، في Cell، عدد ٣ أبريل ١٩٩٨، صفحات ٢١-٢٤)

أما أولهما، فهو كون المقارنة مع المحركات الحرارية في غير محلها. فمعلوم أن Carnot قد عرف الكفاية على أساس أن الحرارة التي يمد بها المحرك العالم الخارجي ضائعة، وهو أمر إن صح في حق الآلات البخارية والمحركات الانفجارية، فلا يصح في حق المحركات الجزيئية التي تحرر طاقة كيميائية يعاد استعمالها فلا يكاد يضيع منها شيء. ومقارنة بالمحركات الحرارية، فإن الأمر يجري كما لو أن الحرارة التي تنفثها تلك المحركات كانت تستعمل لغاية مفيدة (كتدفئة المنازل مثلا). وجلي أنه لو كان ذلك ممكنا لأتاح الرفع من كفاية محركاتنا حتى يجعلها تقارب المائة بالمائة. والحق أن المحركات الصناعية الوحيدة التي

يمكن عقد المقارنة بينها وبين المحركات الجزيئية، هي المحركات الكهربائية والبطاريات العاملة بمحروق.

وأما ثاني السببين، فهو أن قيمة الكفاية المرتفعة هذه إنما تمثل كفاية الطاقات الدافعة التي تفرض على الدوران اتجاها واحدا. وقد بينا كيف أن أهم ما يضيع من الفعالية مردُّه إلى الحركات العشوائية الدافعة في الاتجاه الخطإ. أما في المحركات الجزيئية، فإن الحواجز الطاقية التي تفرض اتجاها واحدا على الدوران أقوى بأربعين مرة من الطاقة الحرارية، مما يجعل وقوع الأخطاء (كالقفز ١٢٠ درجة في الاتجاه غير المرغوب فيه مثلا) أمرا نادر الحدوث، وذلك ما يفسر الكفاية العالية التي تتميز بها هذه المحركات.

هناك أجوبة جينية أيضا عن الأسئلة التي جرى طرحها، غير أن المجال لا يسمح الآن بالخوض فيها.

التصرف الجماعي

لن يكون من المستغرب أن يكتشف العلم يوما ظواهر جديدة من الناحية الكيفية مقارنة مع ظاهرة انتقال المادة من حال إلى حال. فدراسة جزيء واحد من الماء، بالغا ما بلغت من الدقة والاكتمال، لن تتيح أبدا للدارس أن يتنبأ بأننا إذا ما خفضنا درجة حرارة مجموعة كبيرة جدا من جزيئات الماء إلى ما تحت درجة الصفر المئوية، فإنها تتحول إلى ثلج. فهل يا ترى يجوز أن نفترض سلوكا مشابها على المستوى الدينامي لدى المحركات الجزيئية؟ وهل تضطلع هذه المحركات بوظيفة فسيولوجية؟ الجواب على هذين السؤالين هو بالإيجاب. فقد استطعنا في معهد كوري أن نبرهن على وجود تحولات مشابهة للتحول المعروف بين الحالة الغازية والحالة السائلة، تضطلع فيها القوة المطبقة على المحرك بدور الضغط، في حين تضطلع سرعة المحرك بدور الحجم. وقد تبدو هذه النتيجة غامضة بشكلها هذا، لكنها تتيح إمكانية التحكم والتوجيه، وهو أمر بالغ الأهمية في فهم آليات

الاشتغال المختلفة داخل الخلية. كما أنها تتيح أيضا فهم السلوك التأرجحي في عضلات بعض الحشرات (كالنحل والزنابير مثلا). بل قل إنها تؤدي إلى النتيجة الهامة المتمثلة في كون كل العضلات جميعها قادرة – ما إن تتحقق الظروف المناسبة – على القيام بحركات تأرجحية، حتى ولو كانت العضلة غير مخصصة لذلك في الطبيعة، كما استطاع أن يبرهن على ذلك فريق من الباحثين اليابانيين مع عضلة الظهر عند الأرنب...

يتيح تعميم هذا النوع من التحليل وصف حركة انطباق الجفون وانفتاحها وكذا حركة الأسواط لدى الخلايا التي تمتلك أسواطا، وذاك لعمري سر آخر من أسرار السلوك البيولوجي يسلم نفسه إلى الوصف الفيزيائي. فكثير من الخلايا التي تمتلك أسواطا تضطلع بوظائف بيولوجية ذات شأن وخطر. ولكي نقتصر على مثل واحد في هذا المجال سنقول إننا نفهم الآن كيف أن خلايا الأذن الداخلية هي في الآن ذاته مرسل ومستقبل يستطيع تمييز أصوات أخرى ضمن سلم اهتزاز مقدار درجاته مليون درجة، وكيف تستطيع هذه الخلايا تمييز المقام الأصل حين لا تسمع إلا المقامين التدريجيين ٣ و٥ (مفعول Tartini المعروف منذ عام ١٧٥٤)، ولماذا تستطيع التمييز خيرا مما تميز أصواتها الخاصة، لكن تعتريها ظاهرة الإعياء في ظرف ثوان معدودات...

يجري الاشتغال كذلك بتعمق في الدراسة النظرية والتجريبية لآليات التنظيم الذاتي في الأنظمة التي تستخدم في الآن نفسه محركات جزيئية وشعيرات من هيكل الخلية وأغشية. ونحن اليوم قادرون على تركيب أنظمة تقوم على هذه العناصر الأساس وحدها، مما سيمكننا من الاشتغال عليها اشتغالا يتوخى القياس الكمي. وذلك كله من شأنه أن يفضي إلى فهم أمثل لآليات التنظيم الأساس في النسيج الشبكي وفي آلة Golgi. وعلى مدى أبعد من ذلك سيمكن من دراسة آلية الانقسام والتشكل في الخلية وقدرتها على الحركة. وسنكتفي بضرب مثل واحد هنا أيضا فنقول إن آلة Golgi كما تبدو من خلال هذا التصور تضحي في صورة

"مركز فرز بريدي"، تُستبدل فيه عند الضرورة بالكريات المغشاة التي جرى الحديث عليها في البدء أنابيبُ تشدها المحركات الجزيئية باستمرار، ويتغير شكلها الهندسي حسب الحاجة. ولا تزال أبعاد هذا كله ونتائجه على المستوى الفسيولوجي غير معروفة حتى اليوم.

ما الذي يمكن انتظاره إذن ؟

هناك سؤال غالبا ما يطرحه الناس، يتعلق بمدى ما يمكن النظر إليه بصفته "طاقة مستقبلية" في هذه المحركات. ولا غرو، فكفايتها التي تقارب المائة بالمائة لا بد أن تستثير اهتمام الناس. والواقع أن كل ما يمكن تأكيده بهذا الصدد هو أن هذه المحركات هي في الواقع محركات الماضي، لأنها تعمل في الطبيعة منذ مئات ملايين السنين. ولست أعتقد شخصيا أن بإمكانها، على الشكل الذي نعرفها عليه اليوم، أن تكون مصدرا للطاقة في مستقبل الأيام.

غير أن هناك تطبيقات ممكنة في هذا المجال، يتعلق أحدها باستعمال المفاهيم المشتقة من المحركات الجزيئية، لاختراع أنواع جديدة من تقنيات عزل المواد البيولوجية عن المواد الغروية. فقدرتها على العزل هي فيما يبدو أعلى بكثير - من الناحية الانتقائية - مما توفره التقنيات التقليدية من مثل التحليل بواسطة الحقول الكهربائية électrophorèse.

والحق أن استعمال المحركات الجزيئية في إنجاز مهمات غير بيولوجية في الكيمياء المصغرة والفيزياء الدقيقة أمر ممكن نظريا، وإن كان تطبيقه لا يزال اليوم دون شك أمرا من قبيل الخيال العلمي. غير أن تقنية تركيب محركات جزيئية ذات طبيعة كيميائية "صرفة"، لا تزال في بداياتها، وقد تكون لها فوائد في المستقبل. إلا أن ما يكتسي بالغ الأهمية هو التطبيقات الممكنة في مجال الطب. ففهم ما يشتغل داخل الخلية من آليات تستعمل المحركات الجزيئية، سيتيح دون شك وضع طرائق في العلاج أرحم بالمريض من الطرائق المعروفة اليوم وأقل إيلاما.

وعلى سبيل المثال فقد أشرت في أول الكلام إلى وجود نوع من الكينيزين لا يتدخل سوى في المرحلة الأخيرة من مراحل انقسام الخلية. فلو أننا تمكنا من إيجاد مركّب يكبح عمل هذا الجزيء دون غيره، لكان لنا في ذلك دواءٌ مضاد للسرطان لا يلحق بجسم المريض أدنى ضرر، عكس ما نعرفه عن الأدوية المستعملة اليوم في علاج هذا الداء الخبيث.

مراجع

– JULICHER (F.), ADJARI (A.), PROST (J.), « Modeling molecular motors », *Review of Modern Physics. Colloquium*, n° 69, 1997, p. 1269-1281.
– SCHNITZER (M.) et BLOCK (S.), *Nature*, n° 388, 1997, p. 386-390.
– SVOBODA (K.), SCHMIDT (C. F.), SCHNAPP (B. J.) et BLOCK (S.), *Nature*, n° 365, 1993, p. 721-727.
– OKADA (Y.) et HIROKAWA (N.), *Science*, n° 283, 1999, p. 1152.
– SPUDICH (J. A.), *Nature*, n° 348, 1990, p. 284.
– ISHIJIMA (A.), DOI (T.), SAKURADA (K.) et YANAGIDA (T.), *Nature*, n° 352, 1991, p. 301.
– NOJI (H.), YASUDA (R.), YOSHIDA (M.) et KINOSHITA (K.), *Nature*, n° 386, 1997, p. 299.
– CAMALET (S.), DUKE (T.), JULICHER (F.) et PROST (J.), « Auditory sensitivity provided by self-tuned critical oscillations », *PNAS*, n° 97, 2000, p. 3183-3188.

Pour une introduction générale à la biologie cellulaire :
– ALBERTS (B.) et coll., *Molecular Biology of the Cell*, New York & London, Garland Publishing, Inc.
– Consulter aussi sur Internet *Harvard virtual Library* : http://VL.BWH.HARVARD.EDU/

الباب السابع

أنواع المواد قديمُها والحديث

المواد البيوكيماوية :
من الأصداف إلى العضلات الاصطناعية[1]

بقلم بيير-جيل دى جين
Pierre-Gilles DE GENNES

تعتري المجتمع الغربي على فترات منتظمة رغبة في العودة إلى الطبيعة. ولئن كان الشكل الذي نعيشه اليوم من هذه الظاهرة أشد مما مضى وأبعد أثرا، إلا أنها تبقى في واقع الأمر مطبوعة بالحرارة والسذاجة نفسيهما اللتين كانتا تطبعانها أيام جان جاك روسو. ومن ذلك مثلا ما يتوق إليه الناس من أن تشرع المحال التجارية الكبرى في استبدال أكياس من ورق بأكياس البلاستيك المستعملة حاليا، فينسون أو يتناسون أن تحقيق ذلك يقتضي التضحية بمساحات شاسعة من الغابات، وأن صناعة الورق تستدعي استخدام كميات كبيرة من المواد السامة... بيد أننا لا ننكر أن في العودة إلى الطبيعة ما يتيح تعلم دروس جديدة منها. ونذكر من ذلك على وجه الخصوص أن المادة الحية تتمتع بخواص فريدة تفوق في كثير من الأحيان ما ننتجه نحن اليوم بوسائلنا الصناعية، مهما بلغت تلك الوسائل من تطور وتعقيد. ويكفي في هذا الصدد أن نذكر المادة الهلامية التي تكون أوتار العضلات والروابط المفصلية والأقراص الفاصلة بين فقرات الظهر، والتي تتيح لنا أن نستدير في جميع الاتجاهات متحملة في ذلك إكراهات وضغوطا ميكانيكية لا يستهان بها.

إن في ذلك لعبرة ونبراسا لأولئك الذين يبحثون اليوم عن سبل اختراع مواد جديدة، ودرسا مؤداه أننا ما زلنا في فهم أسرار مصانع الحياة لم نقطع بعد أولى الخطوات.

---

(١) تلخيص لنص المحاضرة رقم ٢٧٣ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٩ سبتمبر ٢٠٠٠. الملخص من إنجاز فريق الجامعة.

وسنحاول في عرضنا أن نوضح طبيعة هذا الفهم بتعقيداته ومقارباته، وذلك عبر بعض الأمثلة:

- هندسة قوقعة طحلب صغير هو ما يعرف باسم diatomée، وهو طحلب وحيد الخلية ذو قوقعة مزخرفة.
- الصلابة اللافتة للنظر التي تتمتع بها أصداف المحار وصغير الدردار، وهي المكونة من قشر رقيقة قوامها الأساس كربونات الكالسيوم المنسقة على شكل رقائق جيدة التبلور، تفصل بين كل واحدة منها والأخرى قشرة عضوية تتكون أساسا من السكر والبروتينات، وهو سر ما تتمتع به هذه المادة من مقاومة للكسر.
- المادة المخاطية التي ينتجها الحلزون، وهي مادة متكونة من الماء وبعض المركبات المكثفة polymères، تضحي هلاما جامدا ما لم يحركها محرك، لكنها ما إن يشدها الحلزون حين يريد الحركة حتى تتحول إلى سائل يسهل عليه الحركة.
- المحركات les actionneurs (من مثل الكوارتز الذي ينتج كهرباء حين تعرضه للضغط وينضغط حين تعرضه لتيار كهربائي، والمطاط الطبيعي، وغير ذلك من المحركات) التي يستطيع بعضها أن يتصرف بطريقة تقارب سلوك العضلات الطبيعية، من تغير كبير في الشكل في مدى زمن قصير، مع تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية ثم عودة إلى الحال الأولى.

رمل الصوان والزجاج(٢)

بقلم جون-كلود ليمان
Jean-Claude LEHMANN

شيء من الفيزياء: ما الزجاج ؟

كيف يا ترى يمكن أن نتصور مادة معينة، غازيا كان حالها أم سائلا أم صلبا، على مستوى الذرات أو الجزيئات التي تكون تلك المادة؟ نحن نعلم مثلا أن الغاز هو عبارة عن مجموعة من الذرات أو الجزيئات التي تتحرك بحرية في الفضاء الذي توجد داخله (شكل ١أ)، كما نعلم أننا إذا خفضنا درجة حرارة غاز معين حتى نبلغ به درجة التكثف (وهي بالنسبة إلى بخار الماء مثلا ١٠٠ درجة مئوية)، فأنه يتحول إلى سائل. أما السائل، فإن ذراته أو جزيئاته متصلة بعضها ببعض، لكنها غير مترابطة فيما بينها، مما يتيح للسائل أن يغير شكله، تماما كما تفعل بكيس مليء بكرات زجاجية صغيرة (شكل ١ب). وأخيرا، فإننا إذا ما قمنا بتبريد السائل، فإنه يتجمد على شكل مادة صلبة متبلورة. هنا تكون الذرات أو الجزيئات مرتبطة بعضها ببعض بروابط كيميائية - مما يمنعها من الانزلاق بعضها فوق بعض كما الكرات الزجاجية في الكيس - وتكون إلى ذلك منضدة في ترتيب معين (شكل ١ج). هذا الترتيب رهين بحجم الذرات وكذا بنوعية الروابط الكيميائية القائمة فيما بينها، وهو ما ندعوه بنية "بلورية".

---

(٢) نص المحاضرة رقم ٢٧٤ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٣٠ سبتمبر ٢٠٠٠.

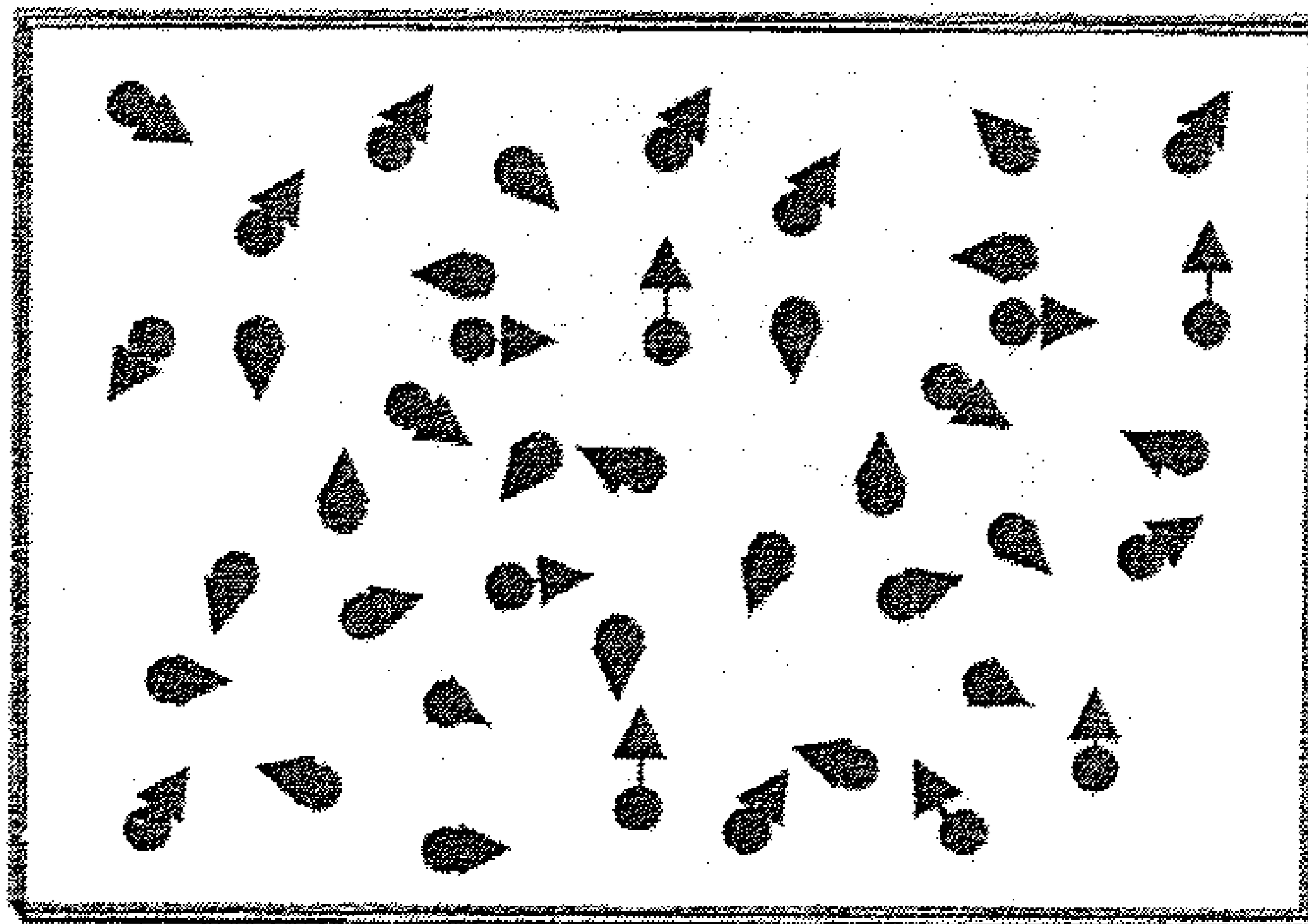


Figure 1a

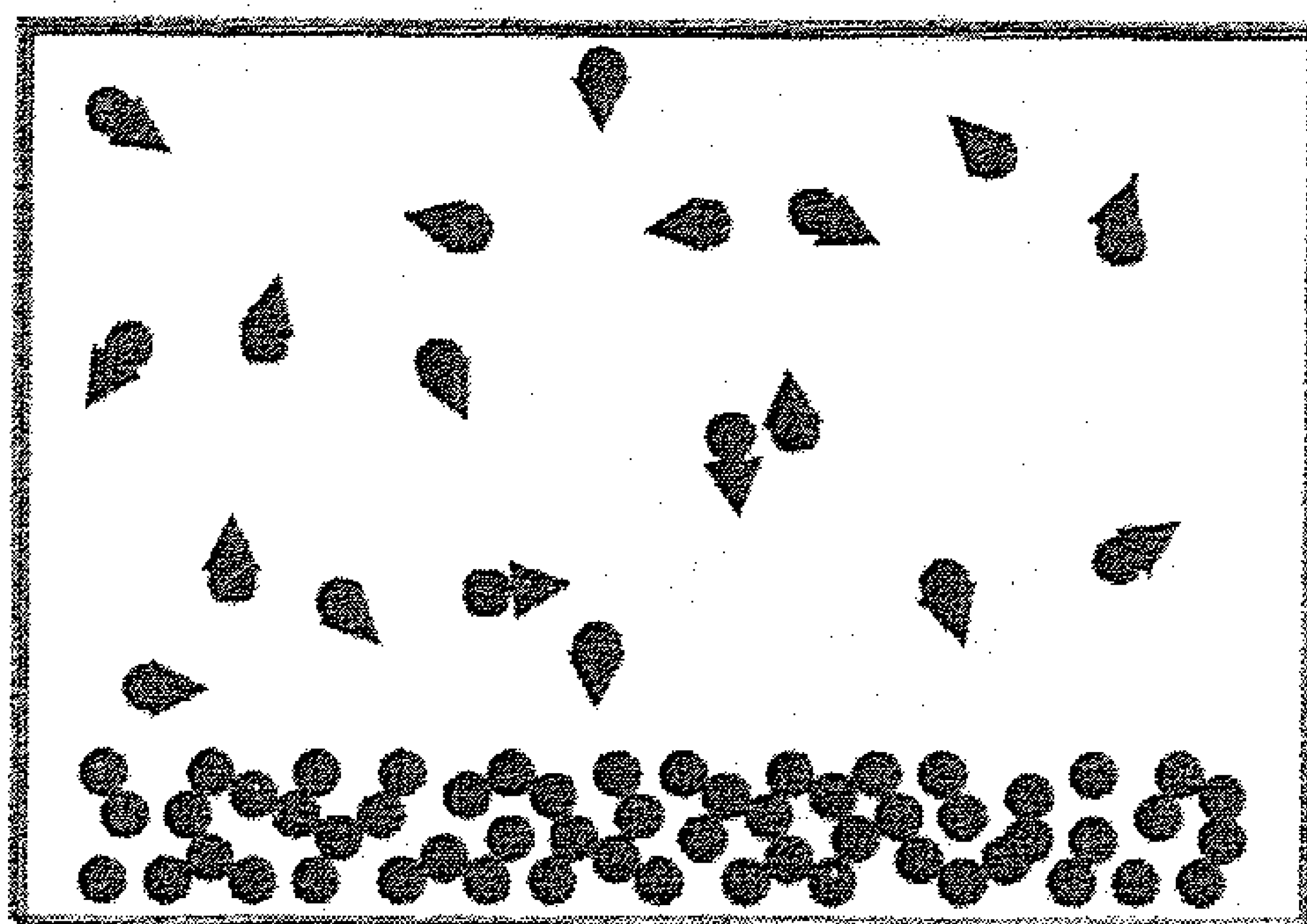
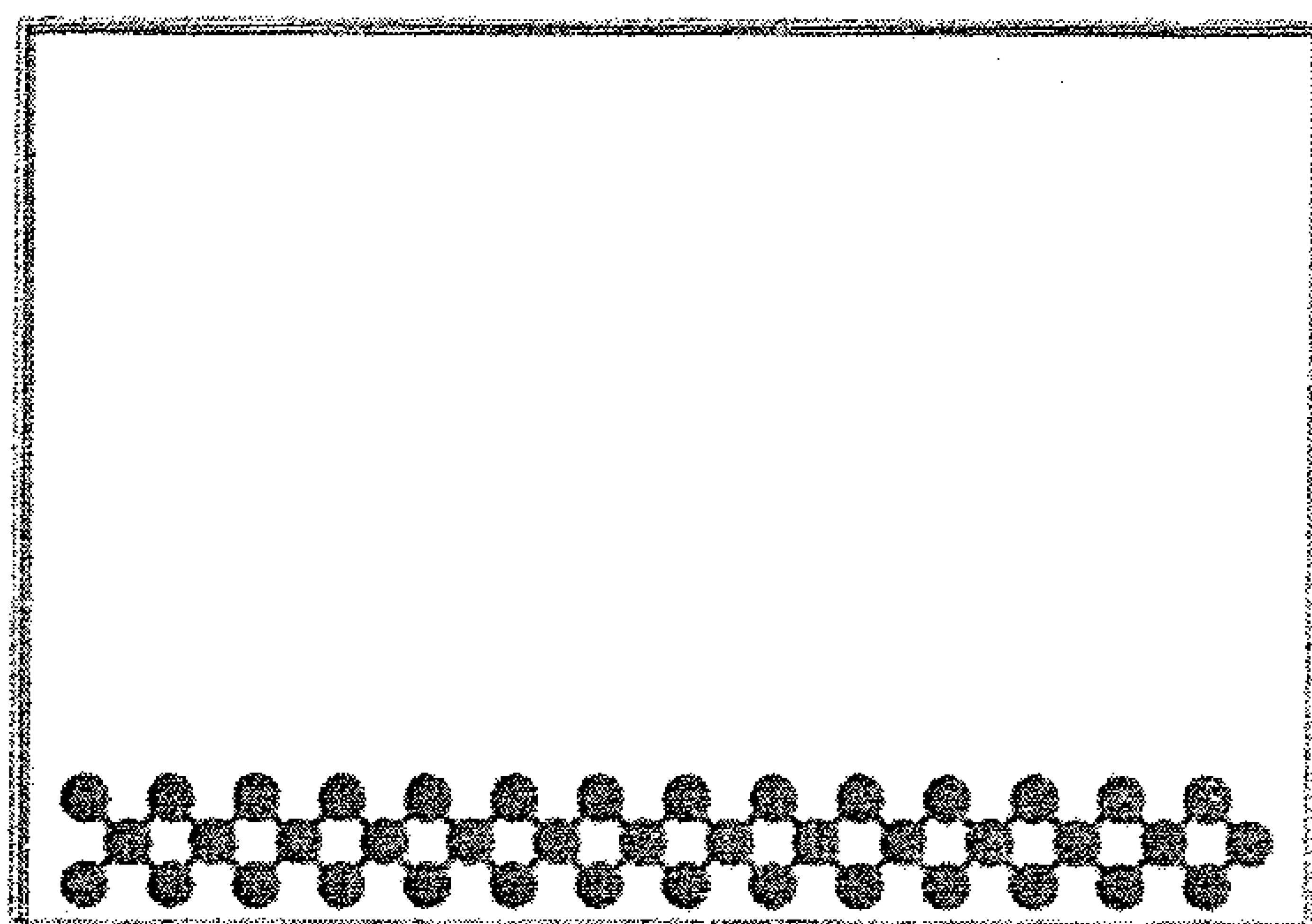


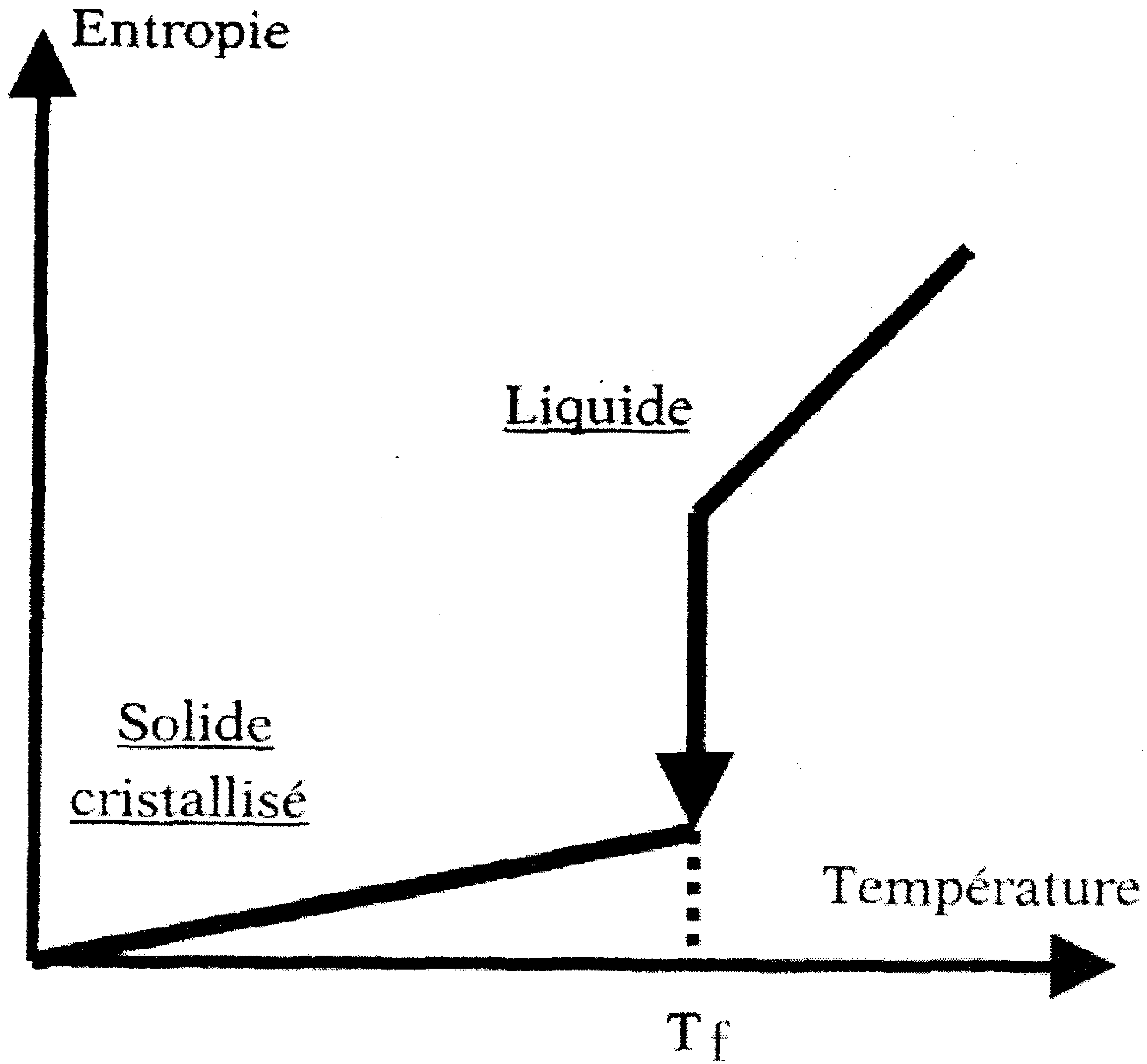
Figure 1b

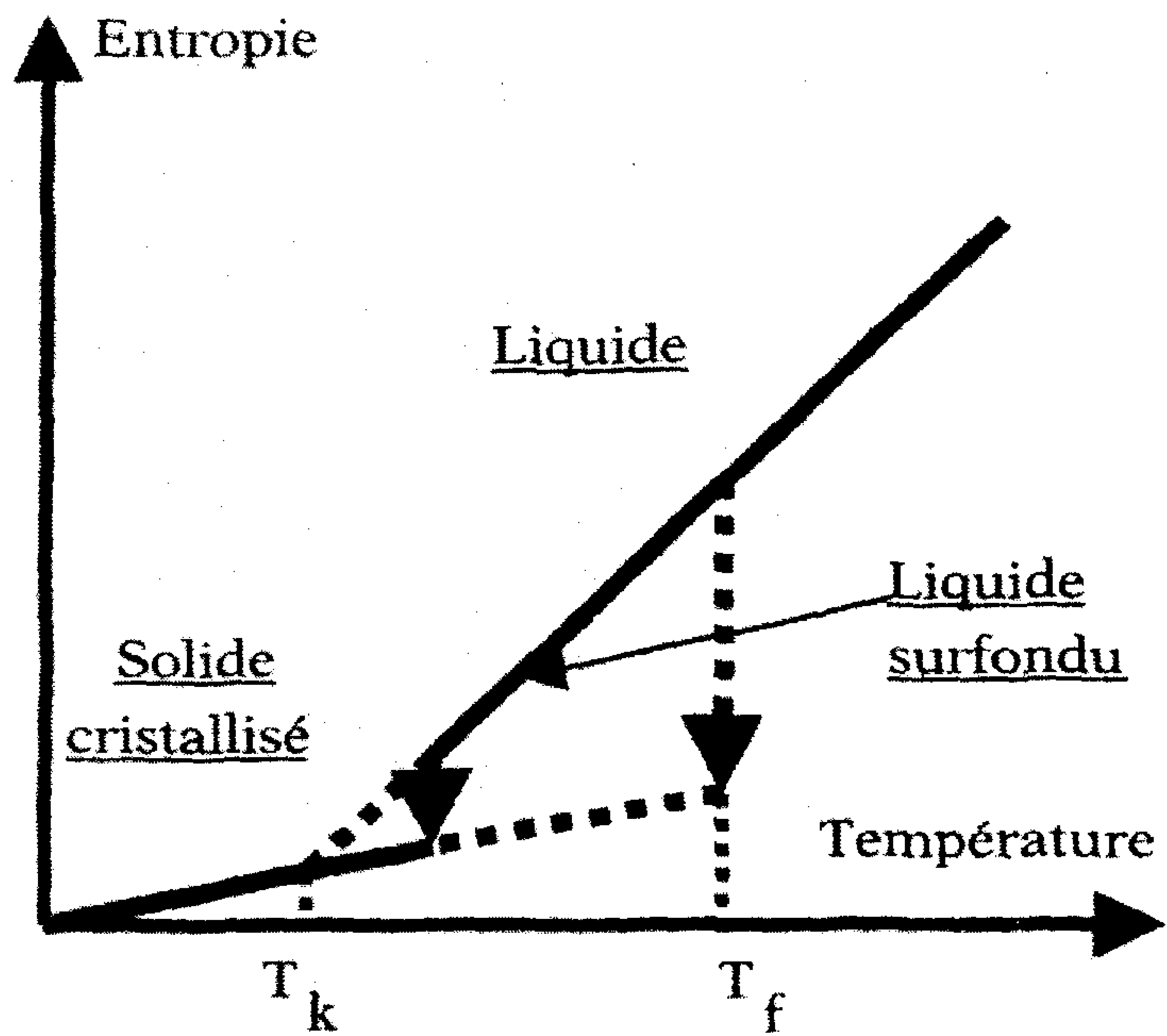


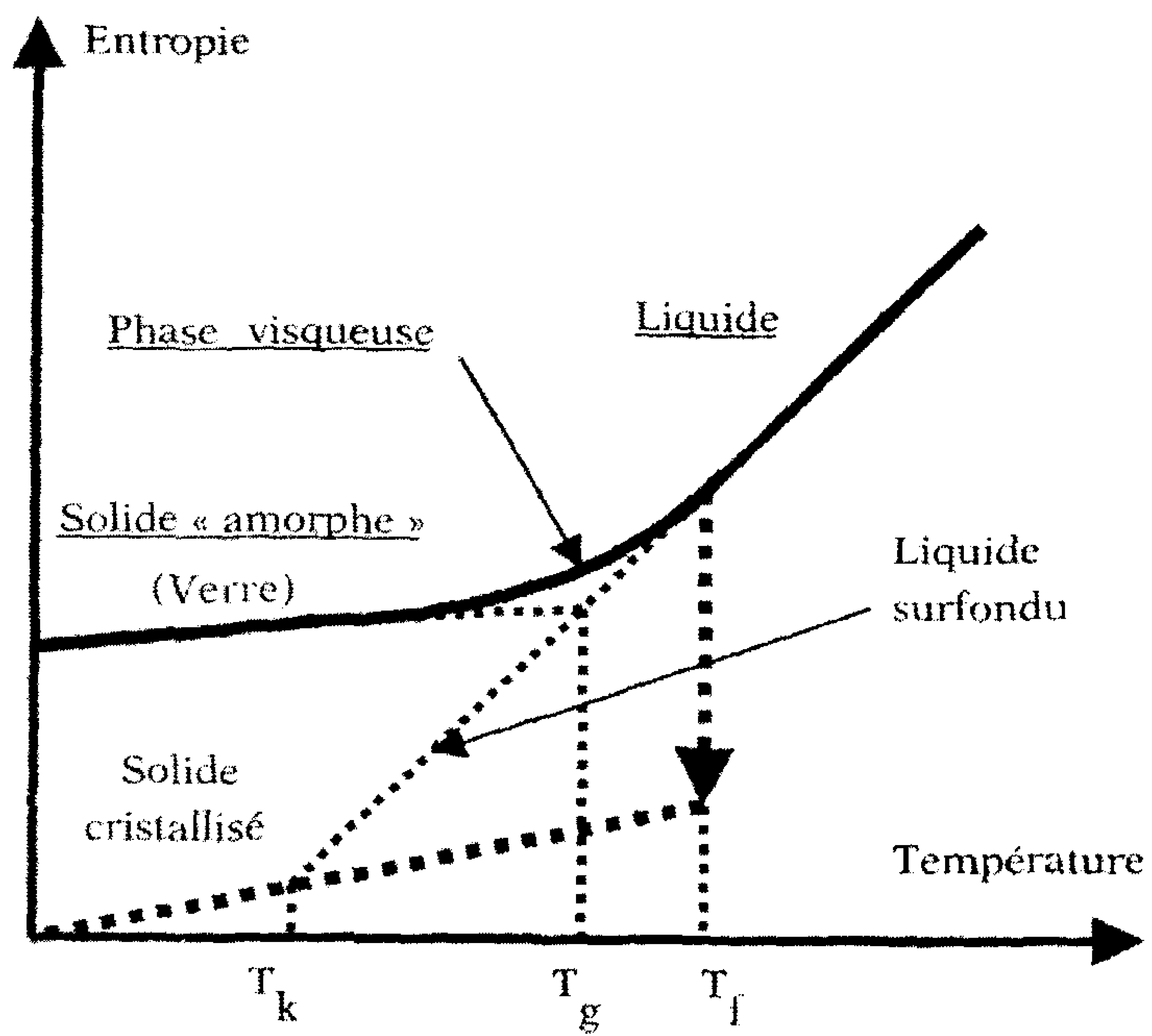
يمكن وصف هذا الانتقال الأخير من الحال السائلة إلى الحال الصلبة، كما يوضحه الشكل ٢أ، بكونه انخفاضا مفاجئا (إلى درجة التصلب، وهي ما ندعوه اختصارا د.ن، أي درجة الانصهار، إذ إنها هي الدرجة ذاتها التي تتصهر فيها المادة الصلبة إذا قمنا بتسخينها) في حرارة مقياس في الديناميكا الحرارية يعرف باسم القصور الحراري entropie. وهذا المقياس يحدد درجة النظام في داخل وسط معين، بمعنى أن حشدا من الناس يهرولون في كل اتجاه، يكون أعلى قصورا من حشد هادئ يمشي ببطء. ويبين الشكل ٢أ كيف أن هذا القصور يستمر في الانخفاض بعد تصلب المادة، حتى يصبح صفرا عند درجة الصفر المطلق (٢٧٣ درجة مئوية تحت الصفر)، وذلك عائد إلى حركات صغيرة مردها الإثارة الحرارية، تقوم بها الذرات حول وضعية التوازن لدى كل منها. حتى إذا بلغنا درجة الصفر المطلق استقرت تلك الذرات مكانها في نظام مطلق صارم، يكون القصور الحراري فيه منعدما. بيد أنه إذا كانت آلية التصلب هذه هي الآلية الأكثر شيوعا، فإن الأمور قد تسير على غير ذلك في بعض الأحيان. ونذكر من ذلك أول ما نذكر أن بعض السوائل شديدة النقاء قد تبقى على حالها السائل حتى تحت درجة الانصهار التي سبقت الإشارة إليها، إذ تستمر حرارة السائل في الانخفاض تحت تلك الدرجة دون أن تتصلب مادته، وهو ما يعرف باسم ميوعة تحت درجة التبلر surfusion. ثم بعد مضي زمن نلاحظ أن السائل يتجمد فجأة، فينتقل من حال القصور الحراري الخاص بالسوائل إلى حال نظيره الخاص بالجوامد، وذلك في لحظة واحدة (شكل ٢ب).

هناك في الأخير حالة ثالثة ممكنة، إذ ينطلق القصور الحراري في السائل متبعا منحنى الانصهار، لكن المادة، وعوض أن "تنحدر" نحو الحالة الصلبة، تتخذ قواما لزجا يتطور باستمرار نحو الحالة الصلبة، متبعة في ذلك منحنى قصور مرتفعا لا يتجه نحو الصفر ولا نحو الصفر المطلق (شكل ٢ج) ! فما الذي جرى يا ترى حتى وقع ذلك؟ لقد تجمد السائل رويدا في مكانه، وقامت علائق كيميائية

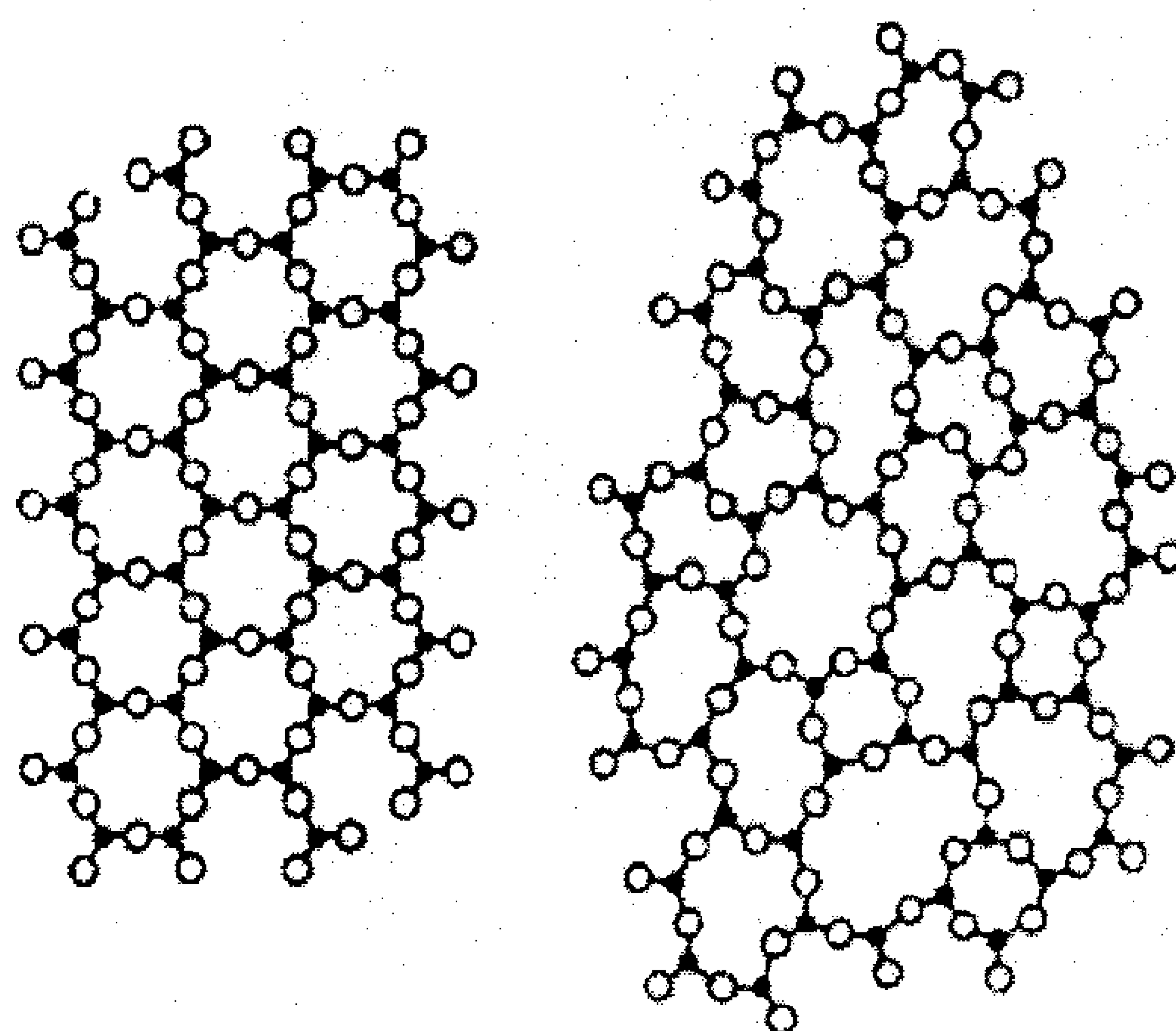
فيما بين ذراته، لكنها بما يكفي من التنظيم لكي يفضي إلى التبلر. ويمكن أن نقول إن الحال الصلبة التي نحصل عليها هنا مشابهة لحال السائل، مع فرق أن الذرات أضحت مرتبطة بعضها ببعض، تماما كما لو أن الكرات الزجاجية في الكيس قد صارت الآن ملتصقة فيما بينها بواسطة الغراء. هذه البنية الصلبة غير المنظمة هي ما يعرف باسم الزجاج أو ما يعرفه العلماء باسم المادة الصلبة غير المتبلرة solide amorphe (في مقابل المادة الصلبة المتبلرة solide cristallisé)




Entropie
Liquide
Liquide
surfondu
Solide
cristallisé
Température
T k
T f


Entropie
Phase visqueuse
Liquide
Solide « amorphe »
(Verre)
Liquide
surfondu
Solide
cristallisé
Température
T k
T g
T f

يبين لنا الشكل ٣ بطريقة مبسطة بنية مادة يمكنها، حسب دورة التبريد التي تَخضع لها، أن تتحول إلى صلب متبلر أو غير متبلر. تلك المادة هي رمل الصوان SiO_2. ويبين لنا الشكل ٣أ بنية الصوان المتبلر، وهو الكوارتز، فنرى كيف أن ذرات السيلسيوم والأكسجين متسقة في انتظام، في حين نرى في الشكل ٣ب كيف أن هذه الذرات، وإن التحم بعضها ببعض، إلا أنها غير متسقة، وذاك هو الزجاج.



من الصوان إلى الزجاج العادي

رغم أن رمل الصوان يستطيع كما رأينا أن يتخذ بنية زجاجية، إلا أنه ليس شائع الاستعمال بسبب ارتفاع درجة انصهاره (١٨٥٠ درجة مئوية). أما الزجاج الذي نستعمله في حياتنا اليومية فمصنوع من صوان معدل بالطريقة التالية:

من أجل خفض درجة الانصهار إلى ما بين ١٠٠٠ و١٣٠٠ درجة مئوية، يجري خلط رمل الصوان (أي الرمل المعروف) بمادة مساعدة على الانصهار. فنحن نعلم أن إضافة مادة ثانية إلى المادة المراد صهرها، تفضي إلى خفض درجة

انصهارها (ومن ذلك مثلا أن الماء المالح يبقى سائلا تحت درجة الصفر المئوية). هذه المادة الثانية التي يطلق عليها اسم "الصاهر" fondant هي بالنسبة إلى صناعة الزجاج مادة قلوية تكون في الغالب مادة الصوديوم Na، وفي بعض الأحوال مادة الليثيوم Li أو البوتاسيوم K. ومعنى هذا أننا إذا ما أضفنا بعض الصودا الكاوية Na2O إلى الرمل فإننا سنخفض درجة انصهار الخليط.

أما من أجل إعطاء الزجاج خاصيات معينة من قبيل اللون والشفافية والصلابة والمقاومة الميكانيكية ومقاومة التآكل الكيميائي (أو حتى مقاومة الرطوبة)، فإن الصانع يضيف إلى الخليط المراد صهره ما يناسب غايته من المكونات الكيميائية التي نجدها في آخر المطاف في الزجاج على شكل أكسيدات.

وعلى سبيل المثال، فإن قطعة زجاج مما نستعمله في حياتنا اليومية قد تتكون من العناصر التالية:

SiO2: 73 % ; NaO: 13,7 % ; K2O: 0,4 % ; CaO: 10,6 % ; MgO: 0,3 % ; Al2O: 1,8 %

والحديث هنا بطبيعة الحال عن زجاج مكوناته الأساس هي الرمل والصودا الكاوية والحجر الجيري.

ما هي إذن يا ترى أهم خصائص الزجاج ؟

أولى تلك الخصائص هي وجود المرحلة اللزجة التي جرى الحديث عليها آنفا. وهي خاصية ذات أهمية بالغة، لأن النتيجة المترتبة عليها هي أنه، في داخل حيز من الحرارة يرتفع فوق الألف درجة مئوية لكنه يمتد لبضع عشرات من الدرجات، يمكنك أن تعطي للزجاج الشكل الذي تريد، تماما كما تفعل بكرة من العجين. والطرق المتبعة لدى صناع الزجاج لا تكاد تخرج عن هذه الطريقة: يخلط مزيج المواد الأولية، من رمل وصودا وحجر جيري وغيره (وقد تضاف إليه في

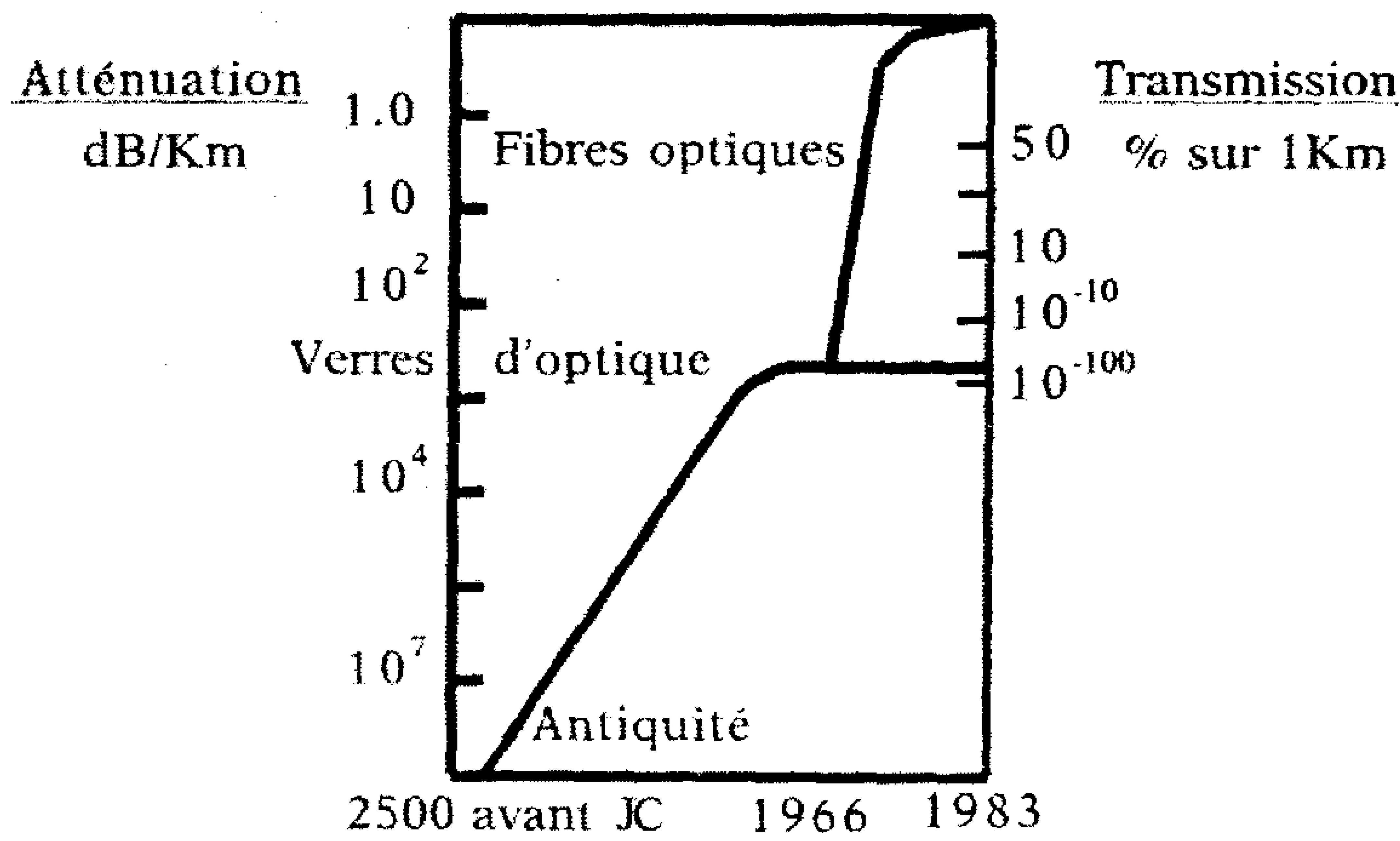
بعض الأحيان قطع من الزجاج المكسور المراد إعادة تأهيله)، فيسخن الخليط إلى ما بين ١٢٠٠ و١٤٠٠ درجة مئوية، ليصبح زجاجا سائلا، يترك بعد ذلك ليبرد حتى تبلغ حرارته الدرجة المناسبة للتشكيل، أي حوالي ١١٠٠ درجة، حيث يتخذ شكل عجين لزج يمكن انطلاقا منه صناعة القوارير وألواح زجاج النوافذ والألياف وغيرها من استعمالات الزجاج التي تكاد لا تحصى عدّا، ثم تترك المصنوعات لتبرد حتى تبلغ درجة الحرارة العادية، لتصبح زجاجا جاهزا صلبا صالحا للاستعمال.

ثم إن الزجاج يتمتع – فيما عدا وجود مرحلة اللزوجة هاته – بخصائص أخرى عديدة. فهو في الغالب الأعم شفاف وقابل للتلوين بما يشاء المرء من الألوان. ثم إنه صلب، بمعنى أنه غير قابل للخدش بسهولة. ولعل عيبه الرئيس يكمن في قابليته للكسر، رغم أن بنيته غير المتبلرة ليست مسئولة عن نقطة الضعف هذه، التي تعزى إلى تشققات دقيقة بالغ الدقة تكون كامنة في قلب الزجاج، حتى إذا تعرض جسم الزجاجة لصدمة تبعث فيه ما يكفي من الارتجاج، سرت تلك التشققات وسطه كسريان أشعة الضوء سرعةً وانتشارا، مما يؤدي إلى انكساره. والحق أنه من الممكن جعل الزجاج غير قابل للكسر، إذ يتأتى ذلك عبر معالجته معالجة كيميائية معينة تكبح انتشار تلك التشققات، لكن المعالجة باهظة الثمن. أما من الناحية الكيميائية، فإن الزجاج مادة خاملة، أو لنقل إنها ضعيفة التأثر بالعوامل الكيميائية، وهو ما يجعله خير مادة لتغليف الأدوية والمواد الغذائية وتعليبها. وهو في الآن ذاته مادة معقدة التركيب تحتوي على ما بين عشرة عناصر واثني عشر عنصرا كيماويا مختلفا، وبضاعة رخيصة زهيدة الثمن. فسعر الكيلوغرام الواحد من الزجاج العادي المصنَّع على شكل قوارير أو ألواح أو ما شابه ذلك، لا يجاوز سعر مثيله من البطاطس، أي أقل من أورو واحد ! وأخيرا وليس آخرا، فإن من خصائص الزجاج الهامة ما يتمتع به من جمالية ومن نعومة ملمس، مما جعله أحد أقدم ما استعمله الإنسان من أدوات في تاريخه الطويل وأحدَثِها في آن معا.

تصنيع الزجاج واستعماله. قديمه والحديث

رغم أن تركيبة الزجاج الحديث تتميز بتنوع العناصر الداخلة فيها تنوعا كبيرا، فإنها تبقى قريبة الشبه بما كان يستعمله الناس في القديم، مما يحمل على القول إن هذه المادة لم تتغير كثيرا في جوهرها على مر الزمن، رغم أن تغييرات وإضافات كثيرة تتيح اليوم إعطاء الزجاج عددا كبيرا من الخاصيات المرغوب فيها، ورغم أن الصانعين نجحوا، من جهة أخرى، في إعطاء الزجاج خاصيات جديدة تماما لم تكن له فيما مضى.

ويبين الشكل ٤ تطور شفافية الزجاج مع الزمن، إذ من المعلوم أن الزجاج كان في أوائل أمره معتما غير شفاف، بسبب الشوائب الكثيرة التي كانت تختلط به عند التركيب.



شفافية الزجاج عبر العصور

مع مرور الزمن، تعلم الزجاجون كيف يصنعون زجاجا أكثر فأكثر شفافية، اصطنعوا منه المرايا ثم العدسات البصرية، التي بقيت حتى الستينات من القرن الماضي مضرب المثل في نقاء الزجاج وصفائه. ثم جاء اكتشاف الليزر عام

١٩٥٩، فلم تلبث أن ظهرت إلى الوجود فكرة مؤداها أن المعلومات – التي كانت حتى ذلك الحين تنقل عبر الأسلاك الهاتفية أو عبر أمواج الراديو – قد يمكن نقلها على متن الضوء عبر ألياف دقيقة جدا من الزجاج، وهو ما نعرفه اليوم باسم الألياف البصرية. لكن ذلك لم يضح ممكنا إلا بعد أن بلغت شفافية الزجاج قدرا يتيح للضوء أن يسري عبر الألياف على طول مئات بل آلاف الكيلومترات دون أن يعوقه أدنى عائق ينقص من قوته. ذلك ما تتيحه الألياف البصرية التي لو صنعنا منها لوحا لبقي شفافا تمام الشفافية ولو كان سمكه مائة كيلومتر !

نبذة من تاريخ الزجاج

يرجع الفضل في اكتشاف صناعة الزجاج – فيما يحكي عالم الطبيعة بلينس الأكبر Pline l'Ancien – إلى صدفة حدثت منذ نحو أربعة آلاف سنة. وقد حدثت هذه الصدفة على يد بعض تجار النطرون القادمين من مصر أو من بلاد بين النهرين، إذ أوقدوا في الصحراء نارا لطهي طعامهم، ووضعوا القدور قرب مكعبات النطرون، الذي ذاب بفعل الحرارة فاختلط بالرمل، فعمل عمل الصاهر الذي تحدثنا عنه آنفا، مما خفض درجة انصهار الرمل. حتى إذا قام التجار من نومهم في الصباح اكتشفوا أن الرمل من حول موقدهم قد استحال قطرات جامدة من الزجاج !

وسواء أكانت هذه القصة حقيقة واقعة أم أسطورة من نسج الخيال، فإن العقل لا يجد في قبولها من غضاضة، ناهيك عن أن كثيرا من المصوغات الزجاجية القديمة – من حلي وما إليها – قد كشفتها الحفريات في تلك المنطقة.

ومضى الزمن يدور دورته والزجاج يزداد يوما عن يوم صفاء وشفافية، حتى جاء العصران الإغريقي والروماني، فأضحى يستعمل في صنع الآنية من كؤوس وأباريق.

أما تقنية تشكيل الزجاج عبر النفخ، فلم تكتشف إلا في القرون الأولى بعد ميلاد المسيح. وتقوم هذه التقنية على استعمال قصبة معدنية طويلة جوفاء، يمسك الصانع بطرفها ويضع على الطرف الآخر كرة من الزجاج الذائب، ثم يشرع ينفخ في القصبة وهو يديرها ويحركها بمعرفته حتى يصنع منها قارورة أو قنينة أو إبريقا أو ما شاء أن يصنع. وقد بقيت هذه التقنية هي الشائعة في صناعة الزجاج حتى القرن الثامن عشر، حتى في صناعة ألواح الزجاج المراد لها أن تكون منبسطة، من قبيل المرايا وزجاج النوافذ، التي كان يعمد صانعوها إلى عجين الزجاج فينفخون فيه ليعطوه شكل أسطوانة، حتى إذا انتهوا شقوا جسم الأسطوانة بواسطة آلة خاصة، فينداح جانباها لتصبح لوحا يكاد يكون منبسطا كانبساط ألواحنا اليوم.

ثم جاء عام ١٦٦٦، فقام الملك لويس الرابع عشر ووزيره الداهية كولبير – وقد كانا معا كارهين لهيمنة مصانع الزجاج في البندقية على سوق المرايا – بإنشاء "مصنع الزجاج الملكي"، الذي بدأ عمله بعد ذلك بسنوات قليلة في قرية صغيرة في إقليم "الإين" تدعى Saint-Gobin، ليصبح فيما بعد شركة تحمل اسم القرية نفسه، وتوظف نحو مائة وخمسين ألف عامل، ولا يزال حوالي ثلث أنشطتها ينصب إلى اليوم في صناعة الزجاج. وقد استطاع الصناع في تلك الشركة أن يطوروا تقنية جديدة لصناعة الألواح الزجاجية المنبسطة، هي ما يعرف بتقنية الإفراغ فوق الطاولة، إذ يفرغ الزجاج الذائب فوق طاولة معدنية كبيرة منبسطة، ثم يعمد الصانع إلى ترقيقها شيئا فشيئا حتى تصبح كالورقة، ثم يتركها لتبرد، وهي تقنية أتاحت للزجاجين أن يصنعوا لأول مرة ألواحا كبيرة جدا من الزجاج للنوافذ والمرايا. وقد كانت قاعة المرايا الشهيرة في قصر فرساي من أوائل إنجازات "مصنع سانت غوبان الملكي"، وهي إلى اليوم شاهد على مدى ما بلغه الصانعون وقتذاك من مهارة وإتقان.

وبوجه عام، فإن هناك كثيرا من أدوات الزينة أو الاستعمال الزجاجية التي تؤثث تاريخ البشرية على مر الأجيال. ويكفي أن نذكر في هذا الصدد زجاج نوافذ الكاتدرائيات الكبرى عبر العالم، وأشهر منه تمثال "الأسد والثعبان" الرائع، من إنجاز الصانع الفنان Lambourg حوالي عام ١٨٥٠، وهو مصنوع كله من خيوط الزجاج، ويستطيع الزائر أن يراه اليوم في متحف الفنون والصنائع الوطني في باريس.

بضع من تقنيات صناعة الزجاج

تبدأ مراحل التصنيع بفرن يجري فيه صهر الخليط بواسطة حارقات قوية أو عبر سريان تيار كهربي شديد في جسم الخليط، تحقنه به أقطاب كهربية عالية القوة. فإذا ذاب الزجاج أسالوه في جزء آخر من الفرن يعمل على رفع حرارته بضع درجات، ليتيح لفقاعات الهواء العالقة وسطه أن تطفو إلى السطح وتنفثئ، فيبقى جسم الزجاج منسجما وخاليا من الفقاقيع ما أمكن ذلك. ويسمون تلك العملية بالتصفية. حتى إذا انتهت هذه العملية دُفع بالسائل الصافي عبر القنوات إلى الصانعين الذين يخضعونه عند ذلك لتقنيات التشكيل المختلفة. أما الفرن ذاته فتكون مساحته في العادة نحو مائة متر مربع، بعمق متر واحد إلى مترين، وهو يحتوي في العادة على مئات الأطنان من الزجاج، ويعمل دون انقطاع نحو عشر سنوات، ليجري بعد ذلك هدمه وإقامة آخر جديد مكانه.

الزجاج المسطح أو المنبسط

يعود الفضل في صناعة ألواح الزجاج المستخدمة في نوافذ ناطحات السحاب وفي صناعة السيارات إلى التقنية الرائعة التي ابتدعها الزجّاج البريطاني Pilkington في الستينات من القرن الماضي: يجري إفراغ الزجاج المائع المصفى في حوض كبير عرضه بضعة أمتار وطوله نحو مائة متر، مليء بالقصدير

الذائب، فيطفو الزجاج فوق القصدير مكونا ورقة تنزلق رويدا فوق صفحة المعدن وهي تبرد رويدا، حتى إذا بلغت نهاية الحوض أخرجوها منه وقد اتخذت شكلها النهائي الجامد. وتمر الألواح في طريقها – وهي تنزلق بسرعة نحو من متر واحد في الدقيقة – بفرن يتيح خفض حرارتها رويدا حتى تتلاشى الضغوط الداخلية في جسم اللوح، ثم يصار بعد ذلك إلى تقطيعها قطعا من ثلاثة أمتار على ستة، ترسل إلى حيث يستعملها بناة العمارات أو صانعو السيارات أو غيرهم. وميزة هذه الطريقة هي أن اللوح الزجاجي يكون حين خروجه من حوض القصدير الذائب أملسا مجلوا من جانبيه معا، وهو ما جعل صانعي الزجاج عبر العالم يعتمدونها في صناعتهم. وتبلغ القدرة الإنتاجية في حوض القصدير الذائب – ويبلغ طوله الإجمالي، من الفرن إلى مكان التقطيع نحوا من أربعمائة متر – حوالي ستمائة طن من الزجاج يوميا، وذلك دون انقطاع لمدة عشر سنوات، يجري بعدها هدمه كحال سابقه وإقامة آخر مكانه.

القوارير

تعتمد صناعة القوارير في أيامنا هذه كما كانت تعتمد في الماضي على تقنية النفخ القديمة، وإن تكن اليوم تجري بطريقة آلية، حيث تسقط كتلة صغيرة من الزجاج الساخن في قالب أول تتولى فيه آلة نافخة إعطاء الكتلة الزجاجية شكلا أوليا، ثم يدفع بالشكل الزجاجي وهو ما يزال ساخنا إلى قالب ثان فيه آلة نافخة أخرى تعطيه شكله النهائي. وقد يبلغ عدد المقاطع المتوازية في بعض الآلات الحديثة اثني عشر مقطعا، يحمل كل منها كتلتين من الزجاج. بعد ذلك تجمع القوارير ليعاد طهيها في فرن خاص يعمل – كما الشأن بالنسبة إلى ألواح الزجاج المنبسطة – على خفض حرارتها تدريجيا كي تتلاشى الضغوط الداخلية التي قد تجعل جسم الزجاجة هشا سهل الكسر. ويستطيع معمل القوارير أن يصنع ما يناهز مليون قارورة يوميا.

ألياف التقوية

اقتحمت حياتنا اليومية خلال العقود القليلة المنصرمة أصنافٌ عديدة من الماد المستحدثة، لعل أكثرها إثارة للدهشة هو ما يعرف باسم المواد متعددة العناصر matériaux composites، التي غالبا ما تكون عبارة عن لدين أو مادة بلاستيكية يُتوسل إلى تقوية خواصها الميكانيكية بإدخال ألياف زجاجية على نسيجها. والحق أن خواص الزجاج الميكانيكية تتكامل مع خواص اللدين تكاملا جعل المواد المكونة منهما تحتل شيئا فشيئا مكان المواد التقليدية في استعمالنا اليومي. ونذكر من بين استعمالاتها الشائعة هياكل اليخوت وسفن الرياضة والاستجمام، وكذا مزالج التزحلق على الجليد وألواح ركوب الموج، علاوة على بعض القطع الداخلة في صناعة الطائرات والسيارات. والألياف الزجاجية المستعملة في هذه التقنية عبارة عن خيوط دقيقة من الزجاج لا يتجاوز مقطعها بضعة أجزاء من المليون من المتر، مرنة ولينة كخيوط النسيج. ويستعمل صانعو تلك الألياف مصفاة هي عبارة عن قطعة من البلاتين تخترقها آلاف من الثقوب بالغة الدقة، يفرغ فيها الزجاج الذائب فيخرج من كل واحد من تلك الثقوب خيط واحد من الزجاج، ثم تُجمع الخيوط فتُلف في بكرة تماما كما هو الشأن بالنسبة إلى خيوط النسيج. وما يثير الإعجاب في هذه التقنية هو سرعة خروج الخيوط من المصفاة، إذ تندلق منها بسرعة تقارب مائة كيلومتر في الساعة.

صوف الزجاج

وهو آخر المصنوعات الزجاجية التي أود تناولها بالحديث. ويستعمل هذا الصوف في العزل الحراري والصوتي في البنايات. وتعتمد هذه التقنية على وسادة من الخيوط الزجاجية المتشابكة التي تختزن الهواء فتتيح العزل الحراري عن طريق منع انتقال الحرارة من جانب إلى جانب، كما تتيح منع تسرب الأصوات. وتجري صناعة هذا الصوف بطريقة مشابهة لتلك المستعملة في صنع حلوى

الأطفال الشهيرة باسم "لحية القاضي"، مع فرق أن المادة المستعملة هاهنا زجاجٌ ذائب تبلغ حرارته نحوا من ١٢٠٠ درجة مئوية، يفرغ رويدا في آنية كالسلة تدور بسرعة كبيرة، تحمل على جوانبها آلاف من الثقوب الدقيقة، يقذف منها بالزجاج فيخرج على شكل خيوط بالغة الدقة، تتلقفها حارقات أخرى تزيدها دقة قبل أن ترمي بها، وقد أضحت أشبه ما تكون بالصوف المنفوش، إلى بساط متحرك يحملها إلى حيث يجري تجميعها على شكل صفائح أو لفافات حسب الاستعمال المراد بها، داخل حيطان البنايات أو في أسقفها، لتعزل من بداخلها عن ضجيج العالم الخارجي وعن تقلبات مناخه.

مثالان من الاختراعات الحديثة في مجال صناعة الزجاج

أود أن أتناول بالحديث في خاتمة هذا الكلام مثالين من الاختراعات الحديثة، قد وجد أحدهما اليوم سبيله إلى الأسواق، في حين لا يزال الثاني في طور التجريب داخل المختبرات.

الزجاج المتحكم فيه كهربائيا

من طبيعة الزجاج أنه شفاف، وتلك لعمري أهم خواصه على الإطلاق. غير أن الناس يودون في بعض الأحيان لو يكون أقل شفافية، إما للوقاية من أشعة الشمس، أو لأنهم يريدون أن يدخل الضوء منازلهم، لكن دون أن يجعلهم ذلك عرضة لأبصار المارة أو من هم في الخارج، أي أن يَروا دون أن يُروا، تماما كالمرأة المحجبة. هذا ما جعل الزجاجين يحلمون منذ القدم باكتشاف وسيلة تمكنهم من صنع زجاج يمكن للمرء جعله معتما أو شفافا متى شاء. والحق أن الأمر يتعلق بتقنية غاية في التعقيد نضرب فيها مثلا بقطعتين من الزجاج تطليان بطبقة شفافة من مادة ناقلة للتيار الكهربائي، ثم توضع بين هذين القطبين مادة مكثفة polymère تزرع في وسطها بلورات سائلة من مادة متباينة الخواص anisotrope. فإذا ما

عرضنا القطبين لتيار كهربائي، فإن البلورات الصغيرة الحساسة للحقل الكهربائي ستصطف جميعها في توازٍ بعضها مع بعض. حينذاك سيكون معامل الانكسار الضوئي فيها مساويا لنظيره في المادة المكثفة، مما يجعل الخليط شفافا. حتى إذا انقطع التيار عادت البلورات لتتخذ وضعيات عشوائية، مما يجعل معامل الانكسار الضوئي يختلف من بلورة إلى أخرى، والنتيجة أن الخليط يصبح ذا لون حليبي، يتيح مرور الضوء لكنه غير شفاف. وتستعمل الألواح المصنوعة بهذه الطريقة على الخصوص في قاعات العلاج في المستشفيات وكذا في قاعات المحاضرات وصالونات العرض.

الزجاج ذو التنظيف الذاتي

لا شك أن هذا النوع من الزجاج هز ما تحلم به كل ربة بيت وما يتمناه كل من يستغل بناية فيها مساحات كبيرة من الزجاج. فقد بين الباحثون أن مادة أكسيد التيتان TiO_2 تمتلك خواصا تحفيزية ضوئية، إذ إنها، تحت تأثير الضوء، تعمل على تدمير المركبات الكربونية (أي الدهون). ومعنى ذلك أن لوحا زجاجيا مطليا بطبقة من هذه المادة سيعمل على تنظيف نفسه بنفسه، أو لنقل في أضعف الأحوال إنه لن يتسخ إلا بعد مرور زمن بعيد قياسا بالزجاج العادي، مما يعني توفيرا كبيرا في مصاريف التنظيف. وبفضل الخاصية التحفيزية ذاتها، فإن أكسيد التيتان يعيد بناء نفسه دون انقطاع.

والعمل جارٍ حاليا في تجريب ألواح زجاجية معالجة بهذه الطريقة، بدأت تؤتي نتائج جد مشجعة، وبخاصة في تجهيز نوافذ المطارات التي تتعرض باستمرار لوابل من دخان الكيروسين. وكما هو الشأن بالنسبة إلى كل ما تنتجه الصناعة من مواد عالية الكفاءة، فإن تطوير هذا النوع من الزجاج يخضع لقيود تقنية بالغة الصرامة. فالطبقة المعدنية المنظِّفة ينبغي لها أن تكون بما يكفي من السمك كي تصمد أمام عوامل الطبيعة، ومواد التنظيف التي لا بد منها من آن لآن، وأشعة

الشمس التي تكون في بعض الأحيان قوية شديدة وما إليها من عوامل، وذلك لمدة عشر سنوات على الأقل. وفي الآن ذاته، وبما أن لكل شيء ثمنه، فإن سعر الزجاج المعالج بهذه الطريقة لا ينبغي له أن يكون باهظا. ونتيجة لهذه الاعتبارات جميعا، فإن الزجاج ذا التنظيف الذاتي لا يزال محتاجا إلى بعض التطويرات التقنية في المختبرات قبل أن يطرح في الأسواق بسعر مقبول من لدن المستهلكين.

خاتمة

يعد الزجاج من بين أقدم ما استعمله الإنسان من مواد وأجملها منظرا. وهو لا يزال إلى اليوم يتطور، مضطلعا بوظائف جديدة تزداد كل يوم عن سابقه دقة وتعقيدا، في حين بلغت خواصه الجوهرية، وعلى رأسها الشفافية، حدودا لم تُعرف لها من قبل أبدا.

أما سوق الزجاج فلا تفتأ بدورها تتطور وتتسع. فنسبة الزجاج الداخل في تشييد البنايات وصناعة السيارات (من نوافذ ومواد متعددة العناصر ومواد عازلة وغيرها) تزيد يوما عن يوم، ناهيك عن سوق القطع الزجاجية الفنية التي تتسع باستمرار وتتطور، وعن أن الزجاج، بما هو المادة الأساس في الألياف البصرية وشاشات العرض وأقراص الذاكرة في الحاسوب، مادةٌ عِمادٌ لا غنى عنها لتقنيات التواصل.

غير أننا رغم ذلك كله ما زلنا نجهل الكثير عن هذه المادة العجيبة المعقدة. فحتى مفهوم الفوضى ذات الذي يرتبط بالبنية المتبلرة structure amorphe لا تزال النظرية إلى اليوم عاجزة عن وصفه، في حين لا يزال العلماء يجتهدون في معرفة سر التشققات المجهرية التي جرى الحديث عليها آنفا، والتي تبقى كامنة على سطح الزجاج حتى يحفزها محفز من صدمة أو من حرارة فتسري فيه فتكسره. أما إقامة نموذج نظري لبنيته ولخواصه المرتبطة بتركيبته، فلا نبالغ إن قلنا إن الأبحاث النظرية لا تزال من ذلك في أطوارها البدائية الأولى.

هناك زجاج صنعته يد الطبيعة وإن يكن نادرا. ومنه على سبيل المثال حجر السبج الأسود obsidienne، الذي ليس في حقيقته سوى زجاج طبيعي ذي أصل بركاني، ومنه حجر الومّاض fulgurite، وهو زجاج تصنعه الصواعق. وأغرب من هذا وذاك ما تصنعه بعض أنواع الإسفنج في قاع البحر، إذ تنتج، بطريقة لسنا بعد نعلمها، خيوطا دقيقة من الزجاج تعرف باسم الأشواك الزجاجية spicules، تستعين بها على البقاء مستقرة في مكانها.

ولسنا نشك لحظة في أن هناك مستقبلا زاهرا بانتظار هذه المادة القديمة الحديثة في آن.

أنواع الخرسانة[٣]

بقلم بول أكر

Paul ACKER

سنتناول هذه المادة بالحديث من وجهين، أولهما قدرتها العجيبة على الاستجابة لدفاتر تحملات لا تفتأ تزيد في كل يوم صرامة ودقة، وثانيهما ما تضعه من حقل للتجارب رائع بين أيدي العلماء.

يفوق إنتاج العالم من الإسمنت في الحجم كما في الوزن إنتاجه من المواد الأخرى جميعها مجتمعة. ولولا أن كنا نعرف كيف نصنع الخرسانة لما أمكننا على الإطلاق إنجاز ما يُنجز اليوم على المستوى العالمي في مجال البناء.

ومادة الخرسانة مادة لا يخشى منها نضوب ولا نفاذ، إذ يكفيك بعض الماء وبعض الرمل وبضعة أحجار كي تصنع منها خرسانة، ويكفيك لصنع الإسمنت بعض الجير وبعض الطين، وهي مكونات لن يعدم المرء أن يجدها حتى ولو كان على ظهر القمر. وفيما عدا بعض جزر الأنتيل وجزر المحيط الهادي، فلست تكاد تجد بلدا لا يملك مصانع الإسمنت الخاصة به، تتزود بالمواد الأولية المحلية. ناهيك عن أن الخرسانة مادة قابلة تماما لإعادة التأهيل، فلا نفايات تتخلف عنها ولا بقايا.

ليست المشكلة مع الخرسانة إذن في منافسة المواد الأخرى، إذ أقصى ما يُخشى عليه منها أن تشاركه في الاستعمال. وهو ما لا ضير منه متى علمنا مدى قابلية الخرسانة للتأقلم مع غيرها من المواد. ولنا في الخرسانة المسلحة خير برهان على تلاؤمها مع الحديد الصلب، الذي استطاع الإنسان بمزاوجتها مع أجود أنواعه وأحسنها أداءً – وهو ما يعرف باسم الخرسانة فوق المسلحة béton

(٣) نص المحاضرة رقم ٢٧٥ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١ أكتوبر ٢٠٠٠.

précontraint – أن يحقق معجزات الهندسة المدنية الرائعة التي شهدتها السنوات الخمسون المنصرمة. وغير بعيد عنا، في أواخر الثمانينات من القرن الماضي، ظهر ما يعرف باسم الخرسانة ذات الكفاءة العالية، وهي نوع من الخرسانة المسلحة يتمتع بمقاومة ميكانيكية أكبر بضعفين إلى ثلاثة أضعاف من غيره من الأنواع، رغم أنه يستعمل أكثر ما يستعمل لخواصه الأخرى، مثل مقاومته لعوامل الطقس وتسربات المياه والرطوبة وغيرها من العوامل التي تسبب تآكل الخرسانة العادية. ولولا هذا النوع من الخرسانة لما تمكنا من بناء منشآت مثل نفق مضيق المانش وقوس l'Arche de la Défense وجسر نورماندي وغيرها، أو على الأقل لما كانت لتكون بالشكل الذي هي عليه اليوم.

لسنا نقول إن الناس لم يفلحوا قبل اليوم في صناعة خرسانة ذات كفاءة عالية وذات مقاوَمَةٍ لعوامل الزمن، فهناك أبنية شيدت في أواخر القرن التاسع عشر وهي لا تزال إلى اليوم قائمة وستبقى كذلك لزمن، نذكر من بينها العمارة التي شيدها المعماري Hannebique عام ١٩٠٠ في باريس (يقع اليوم في رقم١ بشارع Danton)، كما نذكر على الخصوص مبنى الآلهة Le Panthéon في روما، وهو أحد خير الأبنية القديمة مقاوَمَةً للزمن، علما أنه مشيد من خرسانة، أي أن مادة بنائه تحتوي – بالمعنى الكيميائي والفيزيائي – على كل العناصر التي تكون الخرسانة. ولن نبالغ مطلقا إذا قلنا إن هذه الأبنية قد كانت منارا للمحدثين من الباحثين في هذا المجال.

غير أن ما حققته هذه الأبنية العتيقة من إنجاز على مر الزمن لم يكن له في الماضي أن يفيد في شيء، لأن الناس كانوا لا يستطيعون إعادة تحقيق هذا الإنجاز، ولا هم كانوا يدرون كم ستدوم مدة مقاومة البناء للزمن، وحتى لو دروا فما كانوا ليستطيعوا أن يفسروا كيف دامت تلك الأبنية دون غيرها ولا لماذا دامت. لذلك لم يكن من الممكن للمهندس أن يتنبأ مسبقا بتحقق تلك الشروط، ولا كان لمقاول البناء أن يطالبه بذلك.

لكن بالنسبة إلى نفق المانش على سبيل المثـال، فـإن خبـراء المفوضـية Consortium حين طالبوا المهندسين بأن يقدموا لهم الدليل على أن البناء سيصـمد مائة سنة دون أن يعتريه أدنى وهن، جاءهم الجواب مبنيا على أدلة علمية، إذ بـدأ المهندسون من أجل ذلك بأن وضعوا لائحة شاملة لكل أنواع الوهن التي يمكنها أن تصيب مختلف مكونات البناء، ثم حددوا، بالنسبة إل كل واحد من تلك الأضـرار، وانطلاقا من كميات فيزيائية قابلة للقياس، حدا يفوق سرعة سريانه، قبل أن يقيسوا، بناء على تلك الحدود، مدى ما يفترض في البناء من الصمود أمام الزمن.

وهاك مثالا آخر. ففي الولايات المتحدة الأمريكية وكندا، حيـث لا يخضـع بناء الطرقات والجسور الخرسانية للمقاييس الصارمة المعمول بهـا فـي البلـدان الأوربية، تتهالك هذه الطرقات والجسور بسرعة تجعل إصلاحها يكاد يبتلع عامـا عن عام ميزانيات التجهيز. وانتهى الأمر بوزارة النقل الكندية عـام ١٩٩٨ إلـى اتخاذ قرار شجاع، يتمثل في فرض استعمال الخرسانة عالية الكفاءة في كل طلبات العروض، وهو ما لا شك سيزيد من أعباء الميزانية، لكنه السبيل الوحيد للخـروج من دائرة التهالك والإصلاح المغلقة.

لقد أضحى الساعة ممكنا ما كان قبل خمس عشرة سنة يستعصي على مجرد التصور. فالمهندس المعماري يجد اليوم بين يديه من الأدوات والوسائل العلمية مـا يتيح له أن يحدد بدقة تركيبة الخرسانة التي تستجيب أمثل استجابة لشروط مقـاول البناء الذي يشغله.

وقد تحققت في السنوات الأخيرة تطورات لعل أهمها حدث على مسـتويين اثنين:

أما أولهما، فهو مستوى الأشغال ذاتها، مع انطلاق العمل بما يعرف باسـم الخرسانة ذاتية الوضع، التي لا يحتاج وضعها إلى دكٍّ ولا تصـدر عنـه بالتـالي ذبذبات (يمكن لأشغال البناء اليوم أن تجرى في صمت تام دون أدنـى ضـجيج)،

والتي تتيح كذلك إدخال جمالية على البناء. غير أن تطوير هذا النوع من الخرسانة يُعزى إلى ما يتحقق من وراء استعمالها من ربح للوقت والمجهود معا.

وأما الثاني، فهو مستوى الإنجازات ما فوق الفائقة، والذي سنعود فيما بعد لنتناوله بالحديث.

بين أيدينا اليوم إذن من الوسائل ما يكفي لتحسين نوعية محيطنا اليومي والرفع من مستواه، وهي وسائل تبدو زهيدة الثمن إذا ما أُخذت في الحسبان تكلفة التنظيف وإعادة التأهيل والهدم وإعادة البناء التي تترتب على عدم استعمالها.

ويبقى العائق الرئيس الذي يقف دون تطور هذه الوسائل هو منطق السوق القائم على ما يعرف بقانون الأدنى طلبا، الذي يقضي بإسناد المهام المطروحة في العروض إلى من يطالب من المقاولين بأدنى ثمن مقابل الإنجاز، مما يقضي بإقصاء كل الحلول المرجو منها الدوام، مهما كانت الإجراءات التصحيحية المتخذة. لذلك فإن من الضروري العاجل اليوم أن نجتهد في تحديد مؤشرات قابلة للقياس، تأخذ في حسبانها كلفة الصيانة ومدى العمر المفترض في البناء، نستطيع أن نفرضها عند تحرير عقود البناء.

لكن دعنا من هذا ولننتقل إلى الحديث العلمي.

ما إن تمضي بضع ساعات على خلط المراد الأولية بعضها ببعض حتى ترى الخليط وقد تصلب من تلقاء ذاته. ونقول عندها إن الإسمنت قد تماسك. والحق أن مجموعة من التفاعلات الكيميائية تثوي وراء هذا التغيير، وهي كلها تفاعلات نعرفها إلى درجة لا بأس بها، ونعرف أنها لا تعدو كونها كيمياء.

وأعجب من ذلك أن عملية التماسك لا تجري في لحظة واحدة، بل لا بد لها من ساعتين إلى ثلاث كي تكتمل، وهي لعمري ميزة لا تعدلها ميزة بالنسبة إلى البنائين حين إنجازهم مهمتهم. ولا يجوز القول إن ذلك مجرد كيمياء، بل هو

فيزياء، أو لنقل إنه فيزياء كيميائية، تصاحبها عمليات تحلل تحدث في سطح حبيبات الإسمنت وعمليات انتشار كيميائي.

من جهة أخرى، فإن المهندس الذي يقيم حساب البنية ويحدد أبعاد القوائم ومقطع الأعمدة وتفاصيل الهيكل المعدني وغيرها من التفاصيل التقنية، يُجري بالأساس حسابات ميكانيكية، يستعمل في إنجازها مبادئ ميكانيكا الأجسام الصلبة mécanique des solides وعلم مقاومة المواد résistance des matériaux.

ولا مناص للمهندس من أن يأخذ في حسبانه، عند إنجاز تلك الحسابات، بعض الخصائص الاستثنائية التي تتميز بها الخرسانة، ونعني خاصيتي التقلص والتميُّع، وهما خاصيتان استثنائيتان بالنسبة إلى مادة غير عضوية كالخرسانة، طالما أرقتا مضاجع المهندسين الذين لم يكونوا يدرون كيف يدخلون تلك الخاصيات في حساباتهم بطريقة صائبة.

فأما التقلص، فهو اعوجاج بطيء طفيف غير ذي بال، لا تتعدى نسبته إلى الأصل مقدار واحد بالألف، وهو وإن يكن غير مرئي بالعين المجردة، إلا أنه في بعض الأحيان يكون كافيا لإحداث تشققات بادية للعين وذات أثر في ما يُتوقع للبناية من طول عمر.

والحق أن سطح الخرسانة لا يخلو أبدا من تشققات دقيقة لا يدركها البصر، ترتبط باجتفاف المادة، لأنه لا بد من تبخر الماء عند السطح الملامس للهواء. ولن تجد سارية ولا عمودا من الخرسانة لا تعلو سطحه شقوق، بل إن الشقوق تعد جزءا من السلوك الطبيعي لدى الخرسانة المسلحة، حيث إنه إذا خلا جسم السارية من الشقوق فمعناه أن الإسمنت لم يتماسك كما ينبغي، وأن البناية لن تكون على ما أريدَ لها من المتانة والقوة.

لكن وفي المقابل فإن الشقوق ينبغي أن تكون دقيقة (أقل من ثلاثة أعشار المليمتر)، لضمان أن تحتجز القُوى الكامنة في الشعيرات الماءَ، فلا يستطيع أن

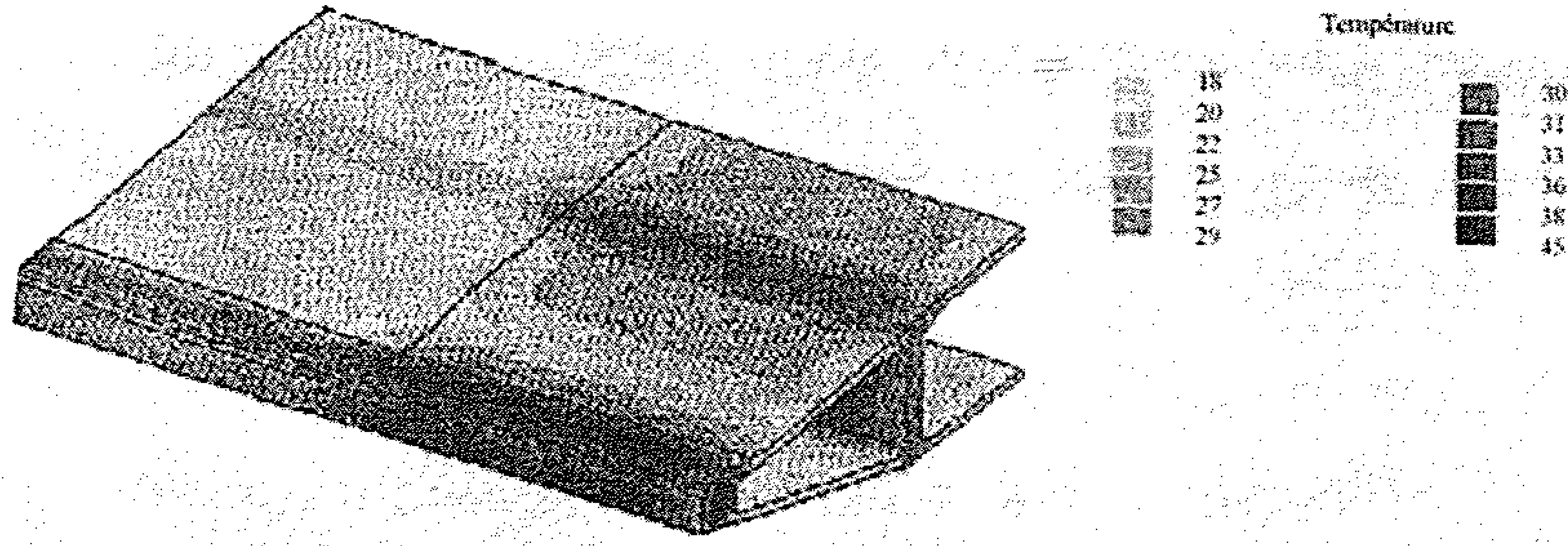
يجرف الأيونات التي تضمن أن يكون الوسط قلويا، مما يمثل حماية لانهائية لقضبان الصلب ضد خطر التآكل. وتعتمد نظرية الخرسانة المسلحة كلها على هذه الخاصية، حيث جرى مع الزمن تطوير طرائق الحساب وتعديلها بما يتيح ألا يتجاوز اتساع الشقوق ذلك الحد الحرج. وقد أتت هذه التقنية أكلها، بدليل أن أوائل البنايات التي شيدت على أساسها لا تزال إلى اليوم قائمة.

لكن إذا لم يؤخذ التقلص في الحسبان عند إعداد الحسابات، أو إذا لم يحسن المهندس وضع تلك الحسابات، فإن فتحة الشقوق قد تتسع لتتجاوز الحد الحرج، مما قد تنجم عنه آثار بالغة الخطورة.

وأما التميُّع، فهو بدوره اعوجاج بطيء يلحق بصاحبه متى كانت الخرسانة محمَّلة بأكثر مما ينبغي لها أن تحمل. وإن يكن التميع غير ذي خطر على الأبنية والمنازل المشيدة بالخرسانة المسلحة، فإن الأمر على غير ذلك بالنسبة إلى الخرسانة ما فوق المسلحة précontraint، التي يتسبب في فقدانها رويدا ما تتمتع به من صلابة، وهو ما يتعين على المهندس أن يقيمه ويدخله في حساباته. ونحن نعلم اليوم أن هاتين الخاصيتين معا تُعزَيان إلى وجود ماء غير مرتبط كيميائيا في داخل الخرسانة، أي في المسام التي يمتلئ بها جسمها، وبالذات إلى حركة ذلك الماء. هنا ندخل في مجال فيزياء الأجسام المسامية physique des milieux poreux.

كثيرا ما يعتقد المهندسون المعماريون – ولطالما اعتقدت أنا أيضا – أنه يكفي القيام بتجارب وتسجيل منحنيات المعطيات المختلفة ثم إدخالها في معادلات ميكانيكية. لكن من يفعل ذلك لا يفوز من ورائه بطائل، لأن ذلك لا يفيد بشيء عن الطريقة التي يجب اتبِّاعها في حال أخرى مختلفة.

ويبين المثال التالي استحالة إدخال صيرورات التحول الفيزيائية في المعادلات الميكانيكية. ويتعلق الأمر هنا بالأجزاء الخرسانية من جسم جسر نورماندي (شكل ١):



تمثيل رقمي للحرارة داخل مقاطع الجسر

كما نرى فإن جسم الجسر – لأسباب متعلقة بمقاومة الريح – مصنوع على هيئة جناح طائرة، وهو متكون من جزأين سميكين عند جانبيهما، قد تبلغ الحرارة عندهما خلال الأيام التي تلي إفراغ الخرسانة ستين بل وحتى سبعين درجة مئوية، لأن عملية تماسك الإسمنت تنتج كمية كبيرة من الحرارة، تحرر ثلاثة أرباعها خلال الساعات العشر الأولى بعد إفراغ الخرسانة. لكن العاملين في البنايات العادية لا يقيمون لهذه المسألة وزنا، لأن الحيطان التي يشيدونها قليلا ما تبلغ من السُّمك ما يُخشى معه أن تبلغ الحرارة ذلك المبلغ، ناهيك عن أن الجدران غير السميكة تبرد سريعا.

تبين قوانين علم الحرارة (بواسطة تحليل الأبعاد) أن زمن برودة جدار من الخرسانة يزيد وينقص في تناسب مع مربع سمك الجدار. هكذا سيبرد جدار سمكه متر واحد في مدى عشرة أيام، وسيبرد بالتالي جدار سمكه عشرون سنتمترا في جزء من خمسة وعشرين جزءا من تلك المدة، أي في أقل قليلا من عشر ساعات. والسبب أن الحرارة في الحالة الأولى تتجمع في قلب الجدار، على حين يكون وجهاه قد بدآ لتوهما يبردان، بينما تنطلق الحرارة في الحالة الثانية إلى الخارج فتضيع بأسرع مما تنتج.

هكذا يتضح من الشكل ١ أن المناطق الأقل سمكا تسخن أقل من غيرها من المناطق، وهذا ما يعني أنها ستكون عرضة لضغوط قد تُحدث فيها تشققات. ويحسب التقنيون حساب ذلك باعتمادهم مزاوجة حرارية كيميائية couplage thermochimique، ترتبط بما للحرارة من أثر في تسريع التفاعلات الكيماوية، وبالتالي في انسياب الحرارة نفسه. وتزيد ظاهرة التسارع الذاتي هذه من وتيرة تَبدُّل الحرارة كما تزيد من قوة ما يعرف بمفعول السُّلم effet d'échelle.

يستطيع هذا النوع من الحبكات الإعلامية التنبؤ بدرجات الحرارة في البنايات المشيدة بالخرسانة، وذلك بدقة تبلغ بضع درجات، ويتبين أن الضغوط المترتبة على ذلك قد تبلغ في بعض الحالات درجات من الحرج تفوق ما ينجم منها عن الضغوط الميكانيكية المترتبة على التشغيل. ويستعمل التقنيون الحبكات الإعلامية، إما للتأكد من بقاء ضغوط الجذب ذات الأصل الحراري في مستوى مقبول، وإما على العكس من ذلك لدراسة الحلول الحرارية المختلفة وتقييم كلفة كل منها. بذلك يكون المهندس المعماري ملزما بالقيام بحساب حراري، ولا يجوز له أن يستهين بالعوامل الحرارية عند إنجاز معادلاته الميكانيكية.

يبقى الماء والرطوبة، وهما أدنى مفعولا وأخف أثرا، غير أنني أود أن أشرح هنا آليتين بسيطتين يساعدنا فهمهما في فهم الباقي كله.

ما السر في أهمية الماء بالنسبة إلى الخرسانة

من أجل فهم آلية التقلص، سنضرب مثلا بتجربة بسيطة معروفة، حيث نغطس أنبوبا دقيقا في إناء به ماء. فإذا كان الماء يمضي مصعدا في الأنبوب، فلأن طاقة السطح énergie de surface بين السائل ومادة الأنبوب الصلبة تفرض زاوية بلل angle de mouillage (وهي زاوية لا تتوقف إلا على الطبيعة الكيميائية لكل من الجسمين السائل والصلب، في غير ما ارتباط بأي معطى آخر)، وبالتالي

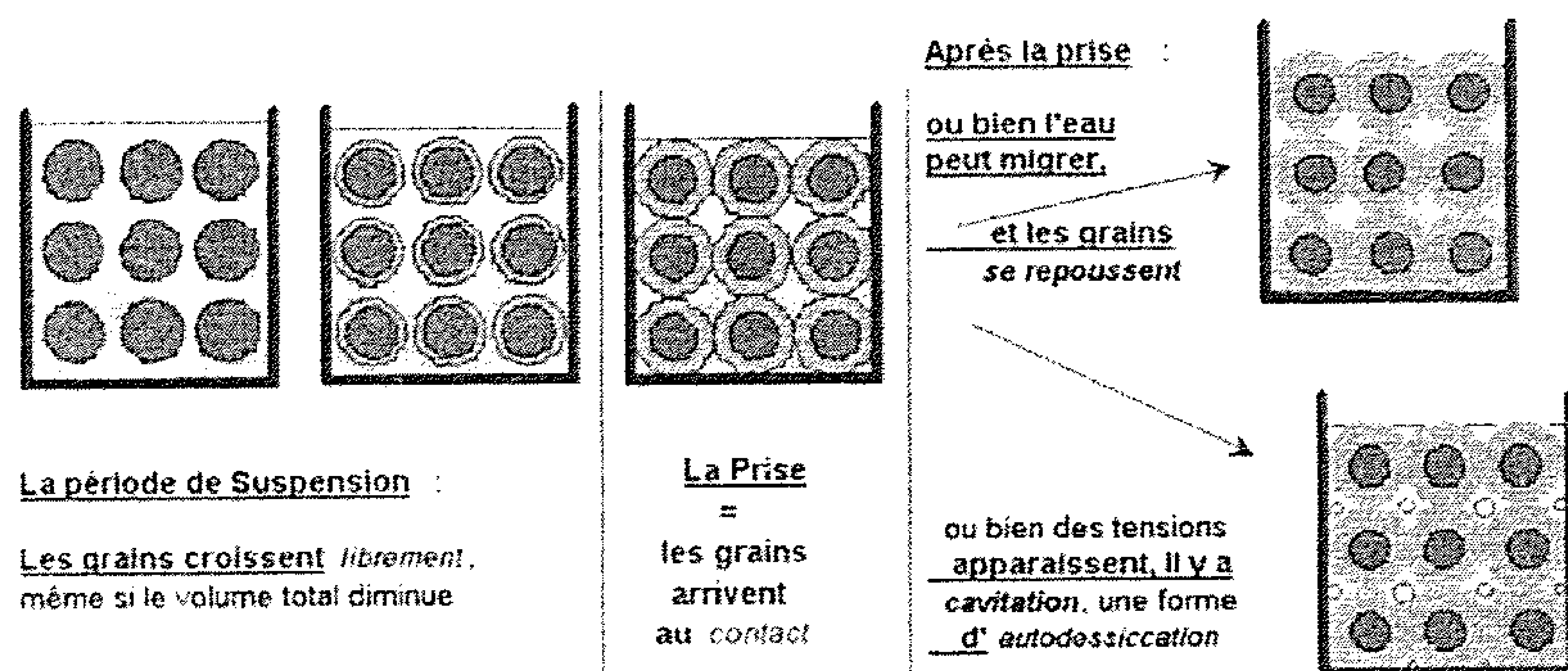
زاوية احديداب السطح الهلالي المقعر. فكلما كان السطح أكثر تقعرا، كلما كانت الجزيئات المكونة للسائل أقل توازنا وثباتا، والقوى الجزيئية التي تعمل هنا تستتبع فرقا في الضغط بين المائعين السائل منهما (الماء) والغازي (الهواء)، ينجم عنه صعود الماء في الأنبوب بما يعوض ذلك الفرق تماما.

فإذا ما كان الأنبوب بالغ الدقة (أي أن يكون مقطعه أقل من جزء واحد من المليون من المتر)، فإن ضغط السائل يكون سالبا، مما يعرض الجدار الداخلي من الأنبوب لقوة جذب. فأنت حين تنفخ في بالون مطاطي تدفع بالهواء إلى داخله فيضغط على جداره الداخلي جاعلا إياه ينتفخ. أما بالنسبة إلى الأنبوب في تجربتنا، فإن العكس هو الذي يقع، حيث يضحي الأنبوب معرضا للانضغاط نحو الداخل.

لا يزال بعض الناس إلى اليوم يبدون تشككا في قدرة الماء على ممارسة ضغط من بضعة ملايين من الباسكال. لكن إذا كان الماء لا يبدي سوى مقاومة ضعيفة للانقصاف (وهو اعوجاج يمكن أن يتحقق دون تغيير في الحجم)، فإن مقاومته للتغييرات في الحجم (ضغطا ومطا) كبيرة. أما الخرسانة فمادة مسامية لا يمكن بالعين المجردة رؤية مسامها (التي تمثل ١٥ إلى ٢٠ بالمائة من الحجم الكلي، أي ٣٠ إلى ٥٠ بالمائة من حجم عجين الإسمنت) لأن قطر تلك المسام يتراوح بين جزء من المليار وجزء من المليون من المتر، وهي موزعة بطريقة تجعلك كلما اقتربت منها بالمجهر اكتشفت وراءها مساما أخرى.

إذا ما قمت بقياس الضغط داخل البالون المنفوخ وكنت تعرف قطره، هان عليك أن تقيس مدى توتر جداره. كذلك نعرف اليوم كيف نقيس الضغوط والاعوجاجات الناتجة عن التوترات الشعيرية في داخل جسم الخرسانة. ولئن كان التوزيع الهندسي للمسام أعقد وأعصى من ذلك، فإننا نتوفر اليوم على الأدوات المفاهيمية والرقمية اللازمة لحسابها.

لنر الآن كيف يجري تَكَوُّن المادة، أو على الأقل كيف تجري المرحلة النشطة من ذلك التكون، مرحلة انتقال عجينة الإسمنت من حال المزيج المعلق suspension إلى حال المادة الصلبة (الشكل ٢)



طالما نُظر إلى تقلص المواد وانتفاخ المركبات المائية على أنهما خاصيتان متناقضتان. ونحن نرى في الشكل أعلاه أن الحجم الإجمالي، على الأقل خلال المرحلة الأولى، قد ينقص حتى ولو كانت الحبيبات الصلبة تزداد حجما. غير أن هناك لحظة معينة تتماس فيها الحبيبات بعضها ببعض، بفعل آلية الامتصاص، فلا يبقى هناك سوى حل واحد من اثنين:

فإما أن يدخل الماء إلى الداخل ليعوض النقص الحاصل في الحجم (وذلك يستدعي أن يستطيع الماء التحرك، وهو ما لا يكون أبدا ممكنا تمام الإمكان. ونحن نعلم اليوم أن هذه الآلية تقع فعلا، لكنها محدودة في عمق يرتبط مباشرة بكثافة الخرسانة compacité، إذ يتراوح ما بين بضعة سنتيمترات بالنسبة إلى العادية منها وبضعة مليمترات بالنسبة إلى ذات النوعية الرفيعة.

وإما أن تظهر أو تكبر فقاعات هوائية في جسم الخرسانة (والحق أن الأمر يتعلق أساسا بانتفاخ الفقاعات الموجودة أصلا في الخرسانة، وهي ما يعرف باسم

الهواء الحبيس، ذلك لأن هناك دائما هواء في الإسمنت عند خروجه من الخلاطة، بنسبة لا تقل عن واحد بالمائة من حجمه الكلي، يكون حبيسا على شكل فقاعات).

ما يحصل إذا هو أن المادة تفقد تَشَبُّعها. فالفقاعات تستمر في التمدد، لكنها لا تستطيع البقاء على هيئتها المستديرة، بسبب حجم المسام وشكلها الهندسي، فتسري مالئة المسام حتى يلتقي الهواء بالهواء، وهو ما يحصل في العادة بعد مضي بضع ساعات. ويمكن التحقق من بلوغ المادة هذا الحد بواسطة مجسات حساسة للرطوبة يجري غطسها في الخرسانة، حيث يتبين أن ذلك يقع بسرعة كبيرة، مما يعني أن المرحلة الغازية سرعان ما تتوازن مع الضغط الجوي الخارجي.

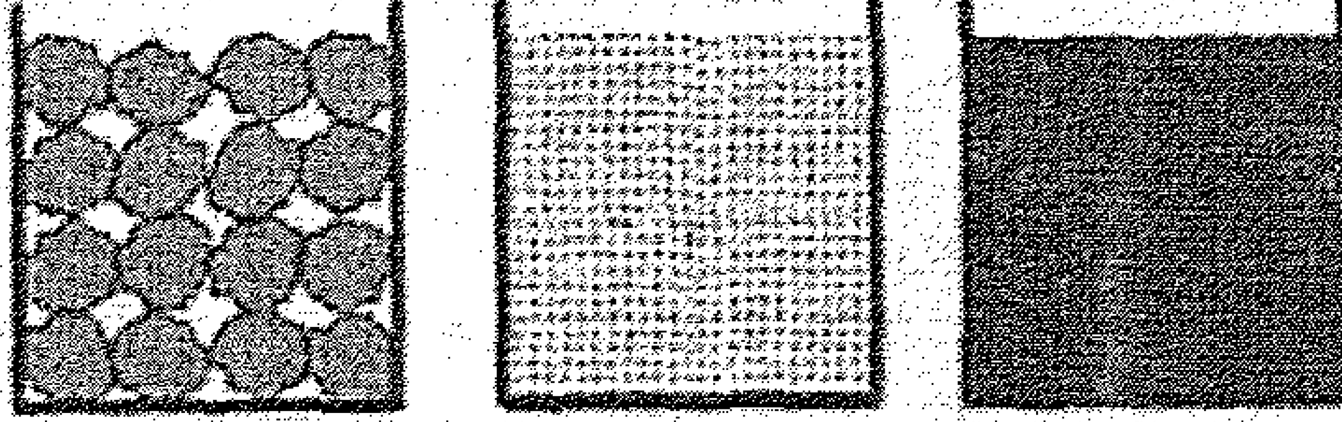
هنا تتدخل آلية الأنبوب الدقيق التي تحدثنا عنها آنفا: فالمساحة المشتركة بين الماء والهواء تكون محدودبة، ودرجة الاحديداب لا تتعلق إلا بهندسة المسام، وبما أن قطر هذه الأخير أقل من جزء من المليون من المتر، فإن الماء يكون معرضا للجذب، وبالتالي فإن الهيكل غير العضوي سيكون معرضا للشد من الداخل، مما يتولد عنه اعوجاجٌ هو ما نعرفه باسم التقلص.

ولقد جرى قطع مرحلة مهمة أخرى في الثمانينات من القرن الماضي، حين بدأ الاشتغال على نظرية جديدة للخلائط الحبيبية mélanges granulaires، وهي الفكرة التي يوضحها الشكل ٣.

إذا أنت جمعت كمية من الحبيبات كلها من الحجم نفسه، فإنك لن تستطيع تفادي وجود حجم من الفراغ بينها نسبته إلى الحجم الكلي حوالي أربعين في المائة، لأن قانون تَناسُب الأجسام homothétie يعمل على الإبقاء على النِّسَب الحجمية ثابتة دون تغيير. وأهم خواص الخلائط الحبيبية، هي أن الخليط يكون أكثر كثافة بكثير متى كان مكونا من نوعين من الحبيبات مختلفي الحجم. وهي كثافة تزيد حتى تكاد تبلغ مائة بالمائة – أي أن الخليط يكون عندها خاليا من الفراغ أو يكاد –

مع إضافة عدد معين من الأنواع ذات الأحجام المختلفة، ومع أخذ بعض العوامل الأخرى في الحسبان. وقد توصل المختصون، انطلاقا من هذه الفكرة، إلى بناء نماذج رياضية قوية.

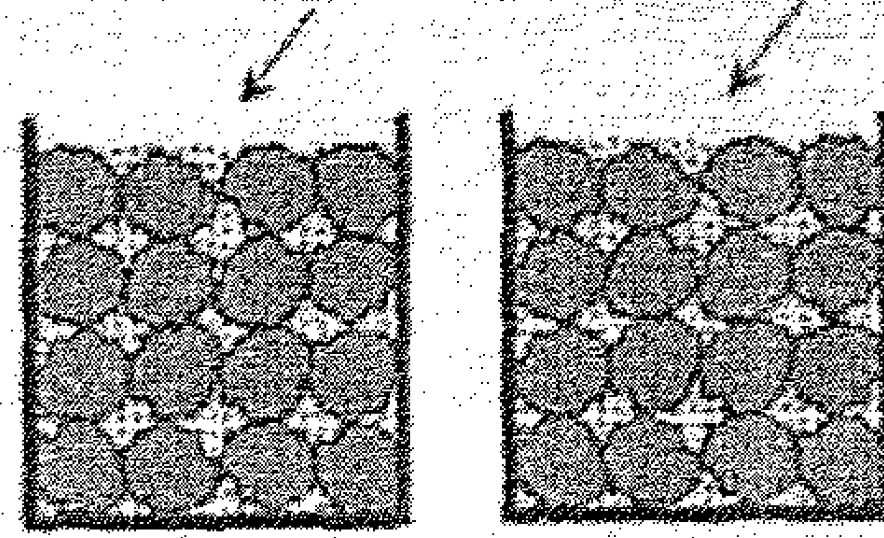
Tous les empilements *monodisperses* ont des compacités voisines, de l'ordre de $C_0 = 0{,}60$:



les *mélanges* ont des compacités bien plus basses :

$$0{,}60 + 0{,}40 \times 0{,}60 = 0{,}84$$
$$0{,}84 + 0{,}16 \times 0{,}60 = 0{,}936$$

etc.



soit :

$$1 - (1 - C_0)^n$$

où n est le nombre de classes granulaires.

يمكن القول إن المهندسين قد اجتازوا أول حاجز مفاهيمي وتكنولوجي حين أضافوا إلى خليط الخرسانة مكونا حبيبيا حباته أصغر حجما من حبات الإسمنت (فذاك هو ما أتاح صنع الخرسانة عالية الكفاءة HP)، وأنهم اجتازوا حاجزا ثانيا حين استطاعوا أن إكمال التدرج في أحجام الحبيبات انتهاء بحجم جزيء الماء، وهو ما فتح الباب أمام جيل الخرسانات الليفية ذات الكفاءة الفائقة BFUP.

فأما الخرسانة عالية الكفاءة، فلا يمثل صنعها ما يمكن أن ندعوه نقلة تكنولوجية حقيقية، إذ إنها تبقى رغم كل شيء هشة فلا تعفي المهندس من ضرورة دعمها بأسياخ الحديد. غير أن ذلك لا يمنع من كونها لا تزال تُستعمل اليوم، إما من أجل ضمان عمر طويل للبناية (انظر في هذا الشأن ما يعتمده المهندسون في

كندا وكذا في المملكة المتحدة وما إليها من بلاد ما وراء المانش)، وإما من أجل تحقيق إنجاز ميكانيكي معين (مثل الخفض من ظاهرة التميع، مثلما هو الحال في أعمدة جسر نورماندي).

وأما الخرسانة فائقة الكفاءة – ومنها على سبيل المثال نوع Ductal – فتتيح، بفضل تركيبتها المضغوطة واحتوائها على ألياف، إلغاء جميع الدعائم المعدنية غير الفعالة، مما يفتح أمام الهندسة المدنية آفاقا غير مطروقة آنفا في مجالات خفة الوزن والقدرة على مقاومة الزمن، دون إغفال الجانب الجمالي. ونذكر من بين المعالم المشيدة بهذا النوع من الخرسانة جسر شيربروك في كندا، والأجزاء الداخلية من المبردات الهوائية عند شركة الكهرباء الوطنية الفرنسية وغير ذلك.

وقد أتاحت المواد الحديثة من قبيل Ductal مثلا، تحقيق تطورات مهمة أخرى في فهم مواد البناء، لعل أكثرها إثارة للإعجاب ما مكنت من تحقيقه طريقةُ تحليلٍ عاليةُ الكفاءة خرجت من رحم الميكانيكا المصغرة micromécanique، ونعني ما يعرف بطريقة التسنين بالغ الدقة nano-indentation.

تقوم هذه الفكرة على إيلاج إبرة في صفحة ملساء، وتكون تلك الإبرة مثلثة الأضلاع دقيقة بحيث تكون أدق من حجم حبيبات العناصر الكيميائية المختلفة التي تكون الإسمنت. ثم تطبق على الكتلة قوة متزايدة الشدة، ويُحسب مدى تحرك الإبرة من مكانها عموديا. وبعد إجراء بعض الحلقات المتتالية من رفع الضغط وخفضه، مرورا بفترات من الضغط المتواصل، يمكن التوصل إلى الخواص الثلاث التي تميز السلوك الميكانيكي لكل عنصر من العناصر الداخلة في تركيبة مادة البناء: مكون مطاط عند بداية تخفيف الضغط، ومكون لدين عند الجزء غير الخطي من الضغط الأول، ومكون لزج مع سرعة الاعوجاج خلال مرحلة مستوية معينة. ويمكن الفحص المجهري بعد ذلك من ربط المنحنيات المسجلة بكل نوع من أنواع المواد غير العضوية المكونة للخليط.

وقد أمكن بفضل هذه الطريقة إقامة الدليل على أن المركبات المائية الناتجة عن تفاعل الماء مع مكونات الإسمنت هي وحدها التي تتميع تميعا ذا بال، وأنه في المواد عالية الكفاءة، وبخاصة في مادة كمادة Ductal التي جرى الحديث عليها آنفا، لا يتفاعل الماء سوى مع سطح حبيبات الإسمنت، التي يبقى قلبها سليما، محافظا على مطاطية مرتفعة (تفوق مائة مليون باسكال)، مما يجعلها تتصرف كمكونات مطاطة وليس كمكونات لزجة، ويجعل توزيع الأثقال في داخل الكتلة الإسمنتية يجري كما لو تعلق الأمر بكتلة جافة.

وقد أتاحت هذه النتائج للمهندسين أن يفهموا أصل ظاهرة التميع في أنواع الخرسانة كلها (بما فيها تلك التي لا تتميع إلا تميعا خفيفا، من مثل الخرسانات عالية الكفاءة، وتلك التي تكاد لا تتميع مطلقا، مثل خرسانة Ductal)، كما أتاحت لهم أيضا فهم بعض الجوانب الخفية من ظاهرة التقلص، التي تستمر طويلا بعد انتهاء التميع، والتي ما هي في حقيقة أمرها إلا تميع يصيب المركبات المائية تحت ضغط مستمر، هو الضغط الشعيري. بذلك يجد التقني بين يديه وصفا شاملا ودقيقا للسلوك الميكانيكي، وهو وصف أسَّس لمنهجية في الصياغة تصلح اليوم لجميع قطاعات البناء.

خاتمة: الخرسانة نموذجا من نماذج علم للمزاوجة بين المواد

يمثل علم المواد اليوم منهجية علمية حقيقية، خاصة بمقاربة المواد المركبة، إذ تجمع بين عدد من العلوم بطريقة غير مسبوقة ومفاهيم جديدة.

ومن بين العلوم الجديدة الداخلة اليوم في علم المواد والمضطلعة بدور هام فيه، نذكر الميكانيكا المصغرة micromécanique، أي الميكانيكا مطبقةً على المستوى المجهري وما دونه، بما يتيح تحديد هوية العناصر الكيميائية المختلفة والتبادلات التي تجري خلال كل مرحلة، ووصف الآليات الفيزيائية وصفا شاملا دقيقا. والحق أن البنيات الصغرى microstructures هي المكان الأمثل للحوار بين مختلف الاختصاصات العلمية، والمكان الذي يمكن فيه تفكيك المزاوجات. ومفهوم المزاوجة هذا يعطي لعلم المواد بنية ووضعا خاصا.

السيارة والسفينة الكهربائيتان:
هل هما ماضيتان في تجدد مستمر؟[٤]

بقلم جون-لويس أوكوتورييه
Jean-Louis AUCOUTURIER

شهدت تقنية تصنيع السيارات الكهربائية منذ عام ١٨٧٠ أياما بيضا وأخرى سودا. ففي المسارات التي يجري إمداد السيارات فيها بالطاقة الكهربائية عبر الخطوط المعلقة أو الأرضية، انتصر المحرك الكهربائي انتصارا مبينا على البخار والمحرك ذي الاحتراق الداخلي.

أما السيارات الكهربائية المستقلة، فقد شهدت في السنوات الثلاثين الأخيرة تطورا دوريا. وإذا ما نحن استعرنا عبارة من الكتاب التركيبي الرائع الذي ألفه Ronald Wolf، حيث يقول إن السيارة الكهربية تستولي رويدا على قلب المدينة، استطعنا أن نميز بين المراحل التالية من حياتها: التكوين (١٨٧٠ إلى ١٩٠٠)، ثم العصر الذهبي حوالي عام ١٩٠٠، تليه فترة تراجع خلال ما بين الحربين، ثم عصر البدائل ما بين ١٩٤٠ و١٩٤٥، والسنوات الصعبة والانطلاقة الخاطئة خلال السبعينات من القرن الماضي، وأخيرا اليقظة والترقب التكنولوجي خلال الثمانينات من القرن نفسه.

واليوم في ٢٠٠٠، بعض مضي مائة عام على العصر الذهبي للسيارة الكهربائية، تغيرت المعطيات تغيرا كبيرا. فقد تطورت التقنيات وتفتقت أذهان العلماء عن حلول جديدة غير مطروقة قبلا. غير أن تطبيق تلك الحلول لن يكفي

---

(٤) نص المحاضرة رقم ٢٧٦ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢ أكتوبر ٢٠٠٠.

لضمان تطور السيارة الكهربائية تطورا ملموسا. ويجدر الآن أن نقارب المسألة في شموليتها، مع حسبان المعطيات الاجتماعية والاقتصادية المرتبطة بحرية الحركة.

الوضع في نهاية القرن التاسع عشر

لسنا بصدد تقديم جرد تاريخي شامل، غير أن ذلك لا ينفي الفائدة الممكن جنيها من عقد مقارنة بين ما كانت عليه السيارة الكهربائية قبل مائة عام وما هي عليه اليوم. ويمكن القول إن شهادة ميلاد أول سيارة كهربائية صنعت في فرنسا، منشورة في الجريدة الرسمية ليوم ٢٠ أبريل ١٨٨١، وهذا نصها: "استطاع المهندس Trouvé أن ينجح في تجهيز دراجة ذات ثلاث عجلات من نوع Coventry Rotary زنتها ٥٥ كيلوغرام، بمحركين كهربائيين صغيرين مكثفين ركبهما خلف الدراجة، زنتهما الإجمالية ١٦٠ كيلوغرام، وقطع بدراجته تلك شارع Valois مرات عديدة بسرعة تتراوح بين ١٠ و١٢ كيلومترا في الساعة." وقد عرض المهندس ذاته في السنة نفسها مركبا كهربائيا على سطح بحيرة غابة بولوني وفوق مياه نهر السين.

نجح Raffard عام ١٨٨١ في صنع أول مركبة كهربائية بأربع عجلات، ثم جاء عام ١٨٨٥، فدفع Jeantaud في سباق باريس-بوردو بسيارة كهربائية أنهت السباق في داخل الآجال المحددة. وكان القطار يحمل البطاريات المشحونة، فتُستبدل بالفارغة عند محطات التوقف. ويذكر التاريخ على وجه الخصوص الرقم القياسي الذي سجله Jenatzy على متن سيارته الكهربائية Jamais contente ببلوغه سرعة ١٠٥ كلم في الساعة يوم فاتح مايو من عام ١٨٩٩ في Archères.

لكن المدينة كانت هي المجال الذي تطورت فيه السيارة الكهربائية تطورا طبيعيا. وكان لمسابقة سيارات الساحة المنظمة من قبل نادي Automobile-Club الفرنسي عام ١٨٩٨ صدى واسع. فقد اشتركت في المسابقة إحدى عشرة سيارة كهربائية وسيارة واحدة تعمل بالبترول، واقتسمت جوائزها شركتا Jeantaud

وKrieger. والحق أن هذه الأخيرة كانت الأكثر حماسا في العمل، إذ استمرت لمدة ثلاثين سنة متواصلة تجتهد في تشجيع السيارة الكهربائية وتطويرها.

وفي عام ١٨٩٨ نفسه، فتحت الشركة العامة للسيارات بباريس مضمارا تدريبيا في Aubervilles لفائدة سائقي السيارات الكهربائية الخفيفة المعدة للاستعمال العمومي. فما حلت سنة ١٩٠٠ حتى كانت شوارع برلين ولندن وباريس تعج بجحافل من سيارات الأجرة وحافلات النقل الكهربائية. أما في الولايات المتحدة الأمريكية فحققت السيارة الكهربائية تطورا كبيرا، حيث صنعت شركة Milburn Wagon عام ١٩١٤ سيارة كهربائية بيعت منها نحو سبعة آلاف سيارة.

الوضع الحالي

مر قرن كامل شهدت فيه تقنية صناعة السيارة الكهربائية انتفاضات عابرة سببتها أزمات التزود بالمواد البترولية، حتى جاءت التسعينات من القرن المنصرم فعادت تلك التقنية لتحتل حيزا من الاهتمام، وهو ما يعزى إلى عوامل عديدة نذكر منها:

- بلوغ نتائج الأبحاث والدراسات في مجال البطاريات والحاشدات الكهربائية مرحلة التصنيع التجاري.
- تطور المحركات الكهربائية، وبخاصة ما تعلق بالوسائل الإليكترونية المستعملة في التحكم فيها.
- وعي الناس بما يمثله تلوث الهواء، وكذا التلوث الصوتي الناجم عن الضجيج، من خطر يهدد صحة الناس في المدن.
- التفكير في موارد الطاقات الأحفورية وفي ما يمثله استهلاكها بطريقة مفرطة من خطر على توازن كوكبنا بأكمله.

- تفكير بعض المستعملين - وإن يكونوا بعد قلة - في الغاية المتوخاة من السيارة بصفتها وسيلة من وسائل الحرية لا تقارن بها وسيلة، قد يجعل منها سوء الاستعمال أداة موت ودمار ليس كمثلها أداة.

واليوم فإن نحوا من ١٥٠٠٠ سيارة كهربائية قد جرى تسجيلها في أوربا بين عامي ١٩٩٣ و٢٠٠٠، ستة آلاف منها في فرنسا. كما أجريت تجارب بالقياس الحقيقي شارك فيها مستعملون خصائص في بعض المدن الفرنسية والسويسرية، وقامت بعض الشركات الكبرى وبعض المدن الفرنسية بتكوين أساطيل من السيارات الكهربائية، وظهرت إلى الوجود مشاريع تصنيع سيارات ذات استعمال مشترك.

السيارة الكهربائية الخالصة

لكي نحكم حكما صحيحا على ما أدت إليه السيارة من استهلاك في الطاقة مفرط زائد عن اللزوم، يجدر التذكير ببعض الأرقام المهمة.

يستهلك إنسان يركب دراجة يسير بها نحو ساعة بسرعة ستة كيلومترات في الساعة (وهو ما يقابل معدل سرعة سيارة تسير في المدينة) ما مقداره ٠،٨ كيلووات ساعة من الطاقة، وتستهلك سيارة حرارية في المدة نفسها والظروف نفسها حوالي ثلاثة كيلوغرامات من المحروق، أي ما يعادل ٣٠ كيلووات ساعة، بينما تستهلك السيارة الكهربائية ٥ كيلووات ساعة لا غير. ويعزى هذا الفرق الذي مقداره ١ إلى ٦ في الطاقة المستهلكة إلى كفاءة سلسلة نقل الحركة، التي تقف عند حدود ٢٠ بالمائة في المحرك الحراري، بينما تبلغ حوالي ٨٠ بالمائة بالنسبة إلى نظيره الكهربائي، كما يعزى إلى ما يختص به المحرك الكهربائي من كونه لا يستهلك طاقة حين تكون السيارة متوقفة، بينما لا يتوقف الحراري عن الاستهلاك حتى في حال التوقف ما دامت أجزاؤه تدور. والحصيلة أن المحرك الكهربائي يتفوق في مثل هذا الاستعمال على نظيره الحراري تفوقا لا جدال فيه.

لكن في مقابل ذلك، فإنك إذا نظرت إلى المسألة معتبرا كتلة الطاقة المنقولة على متن كل من السيارتين، سجد أن السيارة ذات المحرك الحراري تحمــل مــا يعادل خمسين كيلوغراما من المحروق في خزانها، وهي كمية لا يستهلك المحرك منا في تجربتنا أكثر من ثلاثة كيلوغرامات، على حين تحمل السيارة ذات المحرك الكهربائي من النوع الذي اخترناه لمثالنا كتلة مــن البطاريــات العاملــة بالنيكــل والكادميوم تزن ٢٥٠ كيلوغرام، تستهلك نصف شحنتها لإنجاز المهمة ذاتها. بذلك تميل الكفة فيما تعلق بكتلة الطاقة المنقولة ميلا واضحا إلى صــالح الســيارة ذات المحرك الحراري، حيث النسبة هي ١ إلى ٥.

هنا نضع اليد على المشكلة الحقيقية التي تعاني منها السيارة ذات المحــرك الكهربائي، التي يتعين عليها أن تحمل مجمل ما تحتاج إليه من طاقة مُخزَّنــا فــي بطاريات من الحاشدات الكهربية. ومعنى ذلك أن تطور هذا النوع من الســيارات رهين بما يتحقق منه في مجال البطاريات.

تطور بطاريات الجر الكهربائي

شهدت المختبرات تجارب على عدد كبير من الأزواج الكهركيميائيــة مــذْ صنع Planté حاشدته عام ١٨٥٢. والبطاريات الموجهة اليوم للجــر الكهربــائي، والتي هي إما في طور التصنيع التجاري أو في طور التجريب إعــدادا للتصــنيع، فهي على الخصوص البطاريات العاملة بالرصــاص أو بالنيكــل والكــادميوم أو بالنيكل ومركبات الهيدروجين المعدنية، أو بالليثيوم والأيونات.

يبين لنا الجدول رقم ١ خصائص نظام بطاريات ذي حجم أقصاه مائتا لتــر، قابل للتركيب على متن سيارة صالحة للسير في المدينة زنتها ٨٠٠ كيلوغرام دون البطاريات.

	الرصاص	النيكل والكادميوم	النيكل ومركبات الهيدروجين المعدنية	الليثيوم والأيونات
الطاقة (بالكيلووات ساعة)	١١	١٢	١٨	٢٨
الكتلة (بالكيلوغرام)	٤٥٨	٢٤٦	٣٠٣	٢٤٥
الدورات	٦٠٠	٢٠٠٠	١٥٠٠	١٠٠٠
حرية الحركة (بالكيلومتر)	٦٧	٨٧	١١٨	٢٠٠
السعر (بآلاف الفرنكات الفرنسية)	١٢	٢٥	٣٩	٢٨
السعر (بالفرنك الفرنسي عن كل كيلومتر) (١)	٠،٣٤	٠،١٤	٠،٢٢	٠،١٧
هل هي في طور الإنتاج؟	نعم	نعم	٢٠٠١	٢٠٠٤

(١) بحسبان عمر افتراضي معبر عنه بعدد الدورات من شــحن وإفــراغ، وحسبان الكلفة البيئية.

جدول رقم ١

شحن البطاريات

تشكو السيارة الكهربائية، متى استعملت للسير في الطرقات خارج المدن، من عيبين يزيد كل منهما الآخر فداحة. فكتلة البطاريات تحد من جهة من حرية التحرك، والزمن اللازم لشحن بطارية هو من جهة أخرى أطول من الزمن الذي تستهلك فيه تلك الشحنة. لكن إذا كانت شحنة كاملة تكفي للاستعمال اليومي، فإن الشحن طيلة الليل انطلاقا من مفتاح كهرباء منزلي (٢٢٠ فولت بشدة ١٦ أمبير) يحل المشكل.

وقد بينت التجربة التي أجريت في مدينة La Rochelle طيلة سنة كاملة على ٥٠ سيارة من نوع Peugeot 106 وCitroën AX أن ٩٣ بالمائة من المستعملين يشحنون بطارياتهم ليلا في منازلهم، في حين يستعمل ٤ بالمائة منهم وصلات كهربائية عادية مبثوثة في المدينة، ويشحن ٢ بالمائة بطارياتهم بوصلها بالتيار العادي خلال الزيارات، ويلجأ ١ في المائة إلى أقطاب الشحن السريع.

استبدال البطاريات بعضا ببعض

تنجز بعض أنواع السيارات مهمات محددة تتطلب منها الرجوع إلى إسطبلاتها عدة مرات في اليوم، نذكر من بينها شاحنات إفراغ القمامة والحافلات العمومية وشاحنات تسليم البضائع. بالنسبة إلى هذه السيارات، يمكن استبدال بطاريات مشحونة بالبطاريات الفارغة كلما مرت السيارة بالإسطبل، وهي العملية المعروفة باسم استبدال البطاريات، ويمكن أن تجرى بسرعة وبطريقة آلية.

أما الدراجات ذات العجلتين فتستجيب تمام الاستجابة لعملية الاستبدال، نظرا إلى أن وزنها الخفيف يجعل تلك العملية في متناول شخص واحد.

موارد الطاقة المساعدة

لا بد عند تحديد أبعاد البطارية من أن يؤخذ في الحسبان مجموع أنظمة العمل المطلوب من المحرك إنجازها. فالقدر المطلوب من التيار عند الإقلاع يكون كبيرا، إذ يضاهي ما بين خمسة وستة أضعاف ما يستدعيه جر العربة وهي تسير بسرعة ثابتة. ولذلك فقد يكون من المجدي في بعض الحالات أن يُلحق بالبطارية عنصر خازن للطاقة يمكنه عند الحاجة أن يستفرغ طاقته كلها في وقت قصير متيحا قدرا كبيرا من القوة، يعاد شحنه بعد ذلك على مهل انطلاقا من البطارية ذاتها وكذا بالاستفادة من الطاقة المتولدة عن الفرملة. ويمكن لهذا العنصر أن يكون على شكل حاشدة فائقة الكفاءة supercondensateur أو على شكل حاشدات للطاقة تشحن ذاتيا بالحركة accumulateur cinétique d'énergie.

فأما الحاشدة فائقة الكفاءة فعبارة عن عنصر يخزن الطاقة الكهربائية الساكنة عبر استقطاب محلول قابل للتحلل بالكهرباء. ولما كانت آلية التخزين هذه لا تستدعي حدوث أي تفاعل كيميائي، فإنها قابلة للانعكاس، مما يجعلها تتيح عشرات الآلاف من دورات الشحن والإفراغ.

وأما الحاشدات المشحونة ذاتيا بالحركة فتشتغل طبقا لمبدأ دولابِ مقاومةٍ سلبية مُقرَن بمحرك كهربائي. فحين تكون سرعة الدولاب آخذة في الازدياد، فإن المحرك الكهربائي يدفع دولاب المقاومة السلبية، معوضا الطاقة الضائعة – حين يكون النظام مستمرا – بالاستفادة من الاحتكاك، مما يمكنه من الحفاظ على سرعة مستقرة للدولاب. ويجري استفراغ الطاقة المتجمعة عبر المحرك ذاته، الذي يشتغل عند ذلك مثل مولد كهربائي. ولما كانت الطاقة الحركية تتناسب مع مربع سرعة دوران الدولاب، كان من المجدي الاشتغال بأعلى سرعة ممكنة. وقد تحققت تطورات ملموسة بفضل استعمال مواد متعددة العناصر لصنع الدولاب، والاستعاضة بكريات دوران فخارية عن الكرات المعدنية التقليدية، ثم استبدال الطوابق المغناطيسية بالكرات الفخارية بعد ذلك، ثم أخيرا بجعل المكونات المتحركة جميعها تدور في وسط مفرغ من الهواء.

السيارة الهجينة

اتجه البحث عن حل لمشكلة الاستقلالية في السيارات الكهربائية وجهة إيجاد سبيل لجعل السيارة تنتج بنفسها جزئيا أو كليا ما تحتاجه من طاقة كهربائية أو ميكانيكية. ويدعون هذا النوع من السيارات بالسيارات الهجينة، بالمعنى الأول المستفاد من الكلمة، أوحيث إنها تزاوج بين نوعين من الطاقة من أصلين مختلفين. ويميزون بين نظام الدفع الهجين العامل بالتوازي ونظيره العامل بالتوالي.

فأما في سلسلة نقل الحركة العاملة بالتوالي، فإن المحرك وحده هو الذي يكون مقرنا بالعجلات المحركة، ويستمد طاقته من البطاريات و/أو مولد يديره محرك يعمل بالاحتراق الداخلي.

وأما في سلسلة النقل العاملة بالتوازي، فإن العجلات المحركة تستمد طاقتها من المحرك الكهربائي و/أو من المحرك العامل بالاحتراق الداخلي، وذلك بواسطة مُزاوِج coupleur. والسيارات الهجينة الأكثر انتشارا بين الناس اليوم تستعمل من جهة ما تختزنه البطاريات من طاقة، ومن جهة أخرى ما ينتجه منها مولد كهربائي يديره محرك يعمل بالاحتراق الداخلي. بذلك يمكن أن نعتبر السيارة هجينة متى كانت تجمع بين بطاريات عادية وبطاريات عاملة بمحروق أو بين الأولى وبين لاقطات شمسية.

السيارة الهجينة العاملة بمحركين حراري وكهربائي

تكون السيارات التي يغلب عليها الطابع الكهربائي مزودة ببطاريات ذات سعة كبيرة يجري شحنها من الشبكة الكهربائية العمومية، كما أنها تحمل معها مولدا كهربائيا مساعدا ذا قوة ضعيفة، بمكنه مد البطاريات بطاقة مكملة، مطيلا بذلك من مدة استقلالها. وهذه السيارات سيارات هجينة تعمل بنظام التوالي.

وهناك سيارات أخرى يغلب عليها الطابع الحراري، تحمل بطاريات ضعيفة السعة، هي بطاريات قوة أكثر منها بطاريات طاقة. ويكون المحرك الحراري في هذه السيارات قويا بما يكفي للدفع بها حين تكون فوق الطريق السيار، وكذا لشحن البطاريات. وهذه السيارات سيارات هجينة تعمل بنظام التوازي، تسير في المدينة بالكهرباء وتسير بالمحرك الحراري حين تكون سرعتها كبيرة. كما يمكن أن يُشغَّل المحركان معا من أجل تحقيق قدر أكبر من القوة.

السيارات ذات البطاريات العاملة بمحروق

يبين مبدأ التحليل الكهربائي المعكوس المعروف منذ عام ١٨٠٢، أنه بالإمكان إنتاج كهرباء انطلاقا من التفاعل الكيميائي بين الأكسجين والهيدروجين. وقد قامت شركة Grove عام ١٨٣٩، اعتمادا على هذا المبدأ، بتجريب أول بطارية عاملة بمحروق، تنتج كهرباء وماءً في آن. وعلى عكس البطاريات الأخرى التي يكون فيها المحروق مخزنا في المولد، فإن هذه البطارية تشتغل بأكسجين الهواء وتستمد الهيدروجين من خزان خارجي. في ظل هذه الشروط، تكون استقلالية سيارة عاملة بهذا النوع من البطاريات رهينة فقط بالقدرة على تزويدها بالهيدروجين.

ويمكن تخزين الهيدروجين على متن السيارة تحت ضغط مقداره ٣٠٠ بار، أو على شكل سائل، كما يمكن إنتاجه أيضا على متن السيارة انطلاقا من الميثانول على سبيل المثال.

وأما البطاريات العاملة بمحروق، المعروفة بذات الحرارة المنخفضة (٨٠ درجة مئوية)، والمستعملة في تسيير السيارات الكهربائية، فتكون إما قلوية وإما ذات غشاء من مادة مكثفة.

السيارات العاملة باللاقطات الشمسية

تشكو اللاقطات الشمسية من عيبين رئيسين يجعلان من المتعذر تبنيها حلا، أولهما كفاءتها الضعيفة، وثانيهما عدم توفر مساحة كافية على متن سيارة عادية، ناهيك عن أن سائق سيارة تعمل بهذا النظام يكون مجبرا، حتى في يوم مشمس، على اختيار الطرقات التي ليس فيها كثير من مناطق الظل. لكن هذا لا ينفي النتائج الطيبة التي تحققها السيارات المشاركة في سباق World Solar Challenge الشهير، حيث إن هذه السيارات - وهي مخففة الوزن إلى أقصى حد ممكن، وتحمل لاقطات كبيرة جدا - تقطع القارة الاسترالية من أقصاها إلى أقصاها (أي ثلاثة آلاف كيلومتر)، بالاعتماد على الطاقة الشمسية وحدها، فتسير من الثامنة صباحا إلى الخامسة بعد الظهر، بمعدل سرعة يفوق ثمانين كيلومترا في الساعة.

المحركات الكهربائية والإليكترونيات المضمومة

يمكن التمييز في مجال الجر بين نوعين من أنواع الاشتغال. فأما أولهما فيتعلق بتطور السيارة المخصصة للاستعمال في المدينة، وهي سيارة غير سريعة، لكن تلزمها مزدوجة قوية للإقلاع بعد التوقف. وأما ثانيهما، فيتعلق بمسار على الطريق العادي أو حتى الطريق السيار، يشتغل فيه المحرك بقوة تكاد تكون ثابتة.

ولإشباع هذه الحاجة إلى الطاقة الميكانيكية، تستعمل السيارات العاملة بمحرك ذي احتراق داخلي ما يعرف بصندوق التروس، الذي يتيح للسائق إبقاء المحرك باستمرار في أفضل ظروف العمل.

أما المحرك الكهربائي، فإنه علاوة على كفاءته الجيدة يتميز بكونه قادرا على تحرير أقصى قوة مزدوجة لديه حتى والسيارة تسير بأدنى سرعة، مما يفتح باب الأمل في التوصل إلى تغطية سلم السرعات كله دونما حاجة إلى تغيير نسبة التحويل الخافضة.

يُستعمل المحرك الكهربائي – العامل بالتيار المستمر والمحفز بنظام التوازي – بكثرة في مجال نقل البضائع. أما سلاسل الجر في السيارات المعدة للعمل على الطرقات خارج المدن، فاعتمدت في البدء على تيار مستمر بتحفيز منفصل، ثم تخلصت من المُجمِّع الميكانيكي باعتمادها على أنواع مختلفة من الآلات الترددية machines alternatives.

ويعود الفضل في ذلك كله إلى تقدم إليكترونيات التحكم والقوة، التي أتاحت إقامة أنظمة على هذه الدرجة من التعقيد والكفاءة والوثوقية.

المراكب الكهربائية

شهد المركب الكهربائي، كما هو الشأن بالنسبة إلى السيارة، تطورا دوريا، يمكن أن نميز فيه:

-عصر الرواد، من ١٨٣٠ إلى ١٩٠٠: رغم أن هناك روادا سابقين من مثل Von Jacobi والكونت de Moulin، فإن أبوة المركب الحقيقية تعزى إلى Gustave Trouvé، بمركبه Eurêka المجهز بمحرك كهربائي من اختراعه، الذي قدمه عام ١٨٨١.

- عصر التراجع خلال ما بين الحربين: على إثر اختراع Trouvé، شهدت فرنسا ميلاد تطبيقات للاستعمال الشخصي أو المهني، وإن يكن ذلك في نطاق محدود. لكن المحرك الكهربائي ما لبث أن انهزم أمام نظيره الحراري العامل ببترول وافر ورخيص الثمن.
- المراكب الخفيفة الكهربائية التي ظهرت في الأربعينات من القرن الماضي: ويعزى ظهورها على مياه بحيرة Thau كما على نهر السين إلى أزمة البنزين، تماما كما هو الشأن بالنسبة إلى السيارة الكهربائية.
- ١٩٧٠: نهضة تحدوها الرغبة في المتعة والاستجمام. انقضى عهد الدفع الكهربائي في المراكب المستعملة لغايات نفعية في الخمسينات من القرن

الماضي، ليعاود المحرك الكهربائي الظهور، أساسا في الولايات المتحدة الأمريكية وفي البلاد الأنغلوسكسونية، على شكل محركات تجهز بها قوارب الصيد والاستجمام.

التسعينات من القرن العشرين: سوق مزدهرة ومصادر للطاقة عديدة متنوعة

الديزل الكهربائي

يستعمل هذا النوع من تقنية الجر على نطاق واسع في تحريك المحاور المفصلية في السفن ذات الحمولة الكبيرة.

المحرك الكهربائي الخالص

كان في تطور صناعة البطاريات الموجهة لتسيير السيارات فوائد جمة اجتنتها صناعة المراكب الكهربائية، رغم أن من الممكن منذ اليوم الحصول على استقلالية مقبولة باستعمال بطاريات تقليدية تعمل بالرصاص. وهنا ملاحظة لا بد من الإدلاء بها. فالناس قد اعتادوا، منذ فجر الملاحة الترفيهية تقريبا، أن يزودوا مراكبهم بمحركات تفوق بكثير ما يحتاجونه لتسييرها. والحال أننا نعلم أن القوة اللازمة لتسيير هيكل سفينة تتغير في تناسب مع مكعب السرعة التي يبحر بها هذا الهيكل. ومعنى ذلك أنه يكفي أن يكون المرء متعقلا، فيحدد نقطة يكون عندها المحرك في أعلى درجات كفاءته، مثلا عند ثلثي السرعة القصوى الممكنة، كي يخفض كثيرا من استهلاكه للطاقة. وعلى سبيل المثال، فإن سفينة Egretta الاختبارية التي في ملك شركة Pole véhicules électrique aquitaine تستهلك ١٢ كيلووات لتبلغ سرعة ٩ عقد، لكنها لا تستهلك سوى ٣،٥ كيلووات حين تبحر بسرعة ٦ عقد.

تُكون مراكب الصيد الترفيهية الكهربائية في فرنسا أسطولا يفوق عدد وحداته الألف وحدة، في حين يبلغ عدد الصانعين نحو عشرة (من أصل ثلاثين في العالم)، يصنعون مراكب ذات أحجام مختلفة، لكنها في الغالب لا تجاوز خمسة أمتار طولا، مجهزة بمحرك معدل قوته كيلووات واحد، موجه عموما للكراء. وقد بدأت مراكز كراء المراكب الكهربائية تتطور في فرنسا قبل نحو عشر سنوات، وهي اليوم تشهد ازدهارا حقيقيا.

كما انفتحت آفاق جديدة أمام المراكب الموجهة إلى نقل المسافرين. وقد كانت مدينة البندقية الإيطالية سباقة إلى تزويد شركة النقل فيها بمراكب كهربائية بطول ٢٣ مترا، تنقل ٢١٠ مسافرا بسرعة ١٧ كلم في الساعة. ولنا في المدن الفرنسية أمثلة عديدة في هذا المجال، نسرد من بينها على الخصوص مثال جماعة مدن La Rochelle التي أقامت عام ١٩٩٨ عبارة كهربائية بين الميناء القديم وميناء Minimes، طولها عشرة أمتار بعرض ثلاثة أمتار ونصف، قادرة على حمل ثلاثين مسافرا، وقد استعملها مائتا ألف شخص في عام ١٩٩٩ وحده.

وتفتح السياحة النهرية أفقا جديدا أمام المركب الكهربائي، مع إنجاز مراكب نهرية قابلة للسكن تبحر فوق مياه النهر في احترام تام للبيئة وبأحسن الشروط المريحة للمستعملين.

المحرك الشمسي/الكهربائي

على عكس ما يقع مع السيارات، فإن بمقدور الطاقة الشمسية أن تضمن للمراكب استقلالية تامة. ذاك ما تتمتع به مراكب المسافرين العاملة بانتظام فوق مياه بحيرة ليمان السويسرية.

البطارية العاملة بمحروق

يمكن أن يكون لها مستقبل زاهر إذا ما توفرت الشروط اللازمة، ومنها بالأساس بنيات تحتية لتوزيع الهيدروجين وتخزينه أو إنتاجه على متن المركب.

خاتمة

السيارات العاملة بالكهرباء الخالصة موجودة اليوم. وما يعلن عنه الباحثون منها للسنوات القادمة سيكون قادرا على الاستجابة لأغلب حاجات التنقل في المدار الحضري وحوله، وخاصة أننا نرى أن كثيرا من الأسر صارت عندها اليوم السيارتان والثلاث سيارات. ولا شك أن إدماجها في أساطيل النقل الحضري وغيرها من الاستعمالات الجماعية، يبقى خير وسيلة للبرهنة على ما لديها من إمكانات وما يمكن جنيه من ورائها من نفع.

هنا يدخل المعيار الاقتصادي في الحسبان. فباعتبار الصالح العام، فإن هناك قرارات سياسية ينبغي لها أن تُتخذ على مستوى الدولة والجماعات المحلية، وذلك بما يسمح بالانتقال من الترقيع ذي الغايات الإعلامية إلى البعد اللازم لضمان إحداث أثر ملموس في نوعية العيش. وقد جرى بالفعل اتخاذ قرارات ذات أثر من قبل بعض البلديات، نذكر منها المساعدة بنسبة ٥٠ في المائة من ثمن الشراء لمن يرغب في اقتناء سيارة كهربائية في Mendrisio في سويسرا أو دراجة كهربائية في روما.

أما السيارات الهجينة، فإنها متى قارب سعرها سعر السيارة العادية ستلقى قبولا من المستعملين، لأن إنجازاتها تقارب إنجازات السيارات الحرارية الحالية. وستستفيد تلك السيارات من تطور المحركات الحرارية، كما أن الصانعين سيرون فيها دون شك امتدادا لنشاطهم المهني. وأخيرا فإن الدلائل كلها تشير إلى أن الهيدروجين سيكون محروق المستقبل على مدى أبعد من هذا المدى. وسيستدعي

ذلك مزيدا من جهود البحث ومن التطوير التقني، كما سيستدعي وضع آليات تنظيمية وإقامة بنيات تحتية للتزويد.

لا تزال التطورات التقنية المحققة اليوم غير كافية لتمكين السيارة أو السفينة الكهربائية من فرض نفسيهما على الاستعمال، حتى في أكثر الأوساط حساسية واستعدادا. فيجب أن تصحب تلك التطورات إجراءات تنظيمية كثير منها قائم اليوم، لكن تنقص الناسَ الإرادةُ والشجاعة اللازمتان لفرض احترامه.

ما من ليلة تمضي على الناس لا يوقظهم في جوفها ضجيج دراجات تذرع شوارع المدينة بسرعة مائة وخمسين كيلومتر في الساعة. فهل ترى من الصعب التعرف على هوية الفاعل، أم هل من الأفضل تركه وشأنه، كي يصير كما يجب بطلَ المراهقين مستعملي الدراجات النارية ذات الضجيج الصاخب، ويكبر كأمثاله على تربية أساسُها ازدراءُ الغير وانتقاصه حقَّه من الاحترام ! ما السلوك الذي ينبغي لنا أن ننتظره منه متى امتطى متن سيارته غدا؟ إن في الأرقام خير إجابة على هذا السؤال، إذ يكفي أن نذكر أن حوادث السير هي السبب في حدوث أربعين في المائة من الوفيات بين الشباب البالغين ١٥ إلى ٢٠ سنة من العمر.

إن اعتياد شهود الموت على الطريق مسألة من فعل المجتمع. ولعل من الأمور ذات الدلالة أن نلاحظ أن أغلب الإجراءات المتخذة أو المقترح اتخاذها ضد الضجيج وضد أخطار التصادم، هي إجراءات حمائية وليست وقائية. فكأنك حيال صورة متجددة من سباق الرصاصة والدرع. وهي في الحقيقة كلها إجراءات مفيدة، لكنها كانت ستكون أكثر فائدة لو صاحبتها إجراءات أخرى تهدف إلى استئصال الشر في منبعه.

هناك إذن مجهود تربوي كبير يتعين القيام به على جميع المستويات. ومثالا في ذلك، فإن هناك تجربة لتعليم القيادة على سيارات كهربائية تجري حاليا، مستعينة بثلاثين سيارة كهربائية، سلم المشرفون عليها حتى اليوم خمسمائة رخصة قيادة.

إن في السيارات والسفن الكهربائية - بما هي تجعل المرء يعي بمدى ضرورة الاقتصاد في استهلاك الطاقة، وبما هي سلسة القياد وتحترم البيئة وتحفظها - فرصةً يجدر اغتنامها دون تقصير. وإن في التجديد المتواصل في هذا المجال واجبا يتعين علينا الاضطلاع به إن نحن كنا نشعر بالمسؤولية حيال ظروف الحياة التي سنخلفها للأجيال القادمة.

المواد الأحيائية[٥] Les biomatériaux

بقلم لوران سيدل

Laurent SEDEL

تمثل المواد الأحيائية إحدى أهم التطورات المحققة في أساليب العلاج خلال السنوات الأربعين المنصرمة. وهذه المواد – بما هي مواد قادرة على الاشتغال في ظل إكراهات بيولوجية، وموجهة للاضطلاع بوظيفة أو لتعويض عضو من الأعضاء – مستعملة على نطاق واسع في عدد من الاستراتيجيات العلاجية. وحسب التعريف الذي صاغه Chester عام ١٩٨١، فإن اسم المادة الإحيائية يطلق على كل مادة غير حية تستعمل في إطار إستراتيجية طبية بهدف الحلول محل عضو معين أو علاجه أو علاج نسيج معين أو وظيفة بيولوجية معينة، مع مدة اتصال لا تقل عن بضعة أسابيع. واللائحة طويلة يصعب حصرها، نذكر منها الشرايين الاصطناعية بمختلف أنواعها، وصمامات القلب، والبطين الاصطناعي وحتى القلب الاصطناعي نفسه، وأجهزة تقويم المفاصل وعلاج الكسور وتقويم العيوب، والعظام والأوتار والأربطة المفصلية البديلة، وجليدية العين وعظيمات الأذن الداخلية والعضلات القابضة في المثانة والمسالك البولية والجلد الاصطناعي والأسنان الاصطناعية وهلم جرا. ويقدر عدد الناس الذين رُكِّب في أجسامهم شكل من أشكال المادة الأحيائية في فرنسا بما يجاوز ثلاثة ملايين من الأشخاص.

وتطرح المواد الأحيائية عددا من المسائل العلمية التي سنتطرق إليها في هذا العرض، لكنها تطرح أيضا مسائل اقتصادية وأخلاقية وقانونية وصناعية لا يجوز لنا أن نغض عنها البصر، وإلا كانت مقاربتنا تبسيطية ناقصة غير مكتملة. والواقع أن الناس غالبا ما لا يقيمون فارقا بين المادة الأحيائية biomatériau والأدوات

---

(٥) نص المحاضرة رقم ٢٧٧ التي ألقيت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٣ أكتوبر ٢٠٠٠.

الأحيائية biomatériel. والحق أن عدم التمييز بينهما مسألة طبيعية، رغم أننا لو توخينا الصواب لما جاز الحديث سوى عن المادة الأحيائية، أي عن جزء من الأدوات الأحيائية.

ولما كانت المادة الأحيائية جزءا أساسا من بعض الاستراتيجيات العلاجية، كان طبيعيا أن تخضع مثل الدواء لمقتضيات السلامة والوثوقية وإمكان إعادة التصنيع. وبما أنها أحدث من الدواء استعمالا، فإنها لم تبلغ مبلغه من الاستجابة لتلك الشروط، رغم أن المسؤولية المترتبة على استعمالها أكبر بكثير، لأنك إن كنت تستطيع إيقاف علاج معين متى اتضح لك خطؤه أو خطره، فإنك لن تستطيع انتزاع مادة إحيائية ركبتها في جسم إنسان مريض إلا عبر إجراء عملية جراحية جديدة.

ما المواد التي ينبغي استعمالها ؟

تقوم المقاربة العلمية على الجمع بين الاختصاصات العلمية جميعا. وفيما تعلق بموضوع حديثنا، فما كان من الممكن تحقيق أي شيء لو لم يجتمع لذلك اختصاصيون في المواد (من معادن ولدائن وفخار) ومهندسون ميكانيكيون فيزيائيون وعلماء أحياء وأطباء.

أما الهدف المنشود فهو التوصل إلى صنع مواد تستطيع البقاء طويلا في الجسم البشري دون أن يلفظها، وتكون قادرة على أداء مهمتها على الوجه الأكمل إلى النهاية ودون أن تترتب عليها أية نتائج غير مرغوب فيها. ولأجل تصور مدى ما هو عليه هذا الموضوع من التعقيد، يجدر أن نعطي فكرة عن الإكراهات التي تتعرض لها المادة الحية.

يمكن سرد إكراهات الجسم الحي بطرق متعددة. فهناك أولا مفهوم عام هو مفهوم المقاومة، يشمل ما تعلق بردة الفعل التعفنية والمناعية والسرطانية حيال المادة المراد زرعها، من مكوناتها والمواد المصاحبة لها والحوافز التي تستعمل معها وكل مادة داخلة في تركيبها أو مستعملة في مرحلة من مراحل تصنيعها.

وهناك الإكراهات الميكانيكية، ويكفي أن نذكر منها ملايين المرات التي ينبغي لصمام قلبي مثلا أن ينفتح وينغلق فيها خلال حياة الشخص، والضغوط التي يتعرض لها الكاحل الصناعي (وهي ضغوط تفوق أضعاف كتلة الجسم عند كل خطوة، علما أن الشخص العادي يقطع ملايين الخطوات في كل عام)، وما يتعين على الأوردة والشرايين الصناعية التمتع به من خصائص مانعة للتجلط، وإلا أغلقته خثارة الدم سريعا. ثم إن إدخال مادة غريبة في الجسم لا يعدم أن يفرض تغيرا في الإكراهات المحلية، ويُعد تكيف البنيات البيولوجية مع ما يفرض عليها من إكراهات جديدة، أحد أكثر الجوانب العلمية إثارة للاهتمام في هذا الميدان الفسيح الشاسع، وأحد أقل جوانبه وضوحا لدينا في آن معا.

ففي بعض الأحايين تجري الأمور بشكل جيد، إذ تتكيف البنية البيولوجية مع الإكراهات الجديدة وتساكنها في ظروف جيدة، وفي أحايين أخرى لا يحصل التكيف، فينتهي الأمر إما بتدمير النسيج الحامل للمادة المزروعة، أو بإضعاف تدريجي لهذا النسيج يجعله يفقد تماسكه، وهو ما يعني فشل عملية الزرع. بذلك يكون فهم مساحة الالتقاء هذه، بما يتيح التنبؤ بما ستؤول إليه بحسبان الإكراهات الجديدة، هدفا من أهداف البحث في هذا المجال. وينبغي أن يكون ذلك الفهم على مستويات عدة، أيونية وجزيئية وخلوية ونسيجية، مع تقييم حال الإكراهات في كل واحد من هذه المستويات، سواء أتعلق الأمر بمحيط مائع أم بمحيط صلب. كما يتعين كذلك فهم هذه الإكراهات انطلاقا من الحسابات البيوميكانيكية والمعلومات البنيوية وباقي الأدوات التي بين أيدينا، والتي يعتمد كثير منها على نماذج رياضية تتيح – إن هي أنجزت بطريقة جيدة – مقاربةَ تلك الإكراهات بطريقة غير مباشرة على مختلف المستويات.

كما ينبغي كذلك الاجتهاد في فهم آليات العطب، ما يصيب منه المواد المزروعة نفسها (وهو ما يتيح التنبؤ بعمر المادة بعد الزرع) وما يصيب البنيات

الحية المستقبِلة وآليات الالتآم النسيجي، وتدبير الالتهاب النسيجي الذي يظهر بطريقة طبيعية عند إدخال جسم غريب، وآليات إعادة تشكل الأنسجة في ظل نظام الإكراهات الجديد.

هناك أنواع عديدة من هذه المواد. فمنها المادة الخاملة أو السلبية التي لا يُرجى منها سوى أن تستجيب للمطالب الحيوية، ولا يستتبع زرعها أية مشاكل، مثل الأجزاء البديلة في المفاصل وكذا صمامات القلب البديلة، ومنها المادة النشطة بذاتها أو النشطة في وسط أحيائي، ذات الخصائص المانعة للتخثر أو التقويمية، ومنها المادة التي تستعمل حاملا لخلايا نشطة مثل خلايا الجذوع النخاعية أو الخلايا الجلدية أو الغضروفية. وهذه كلها سبل جديدة في العلاج غير مطروقة، لا شك أن مستقبلا زاهرا ينتظرها، تندرج جميعها في ما يعرف باسم المواد الهجينة. ولا شك أن ما نراه من إقبال متزايد على استعمال الخلايا ذاتية التوجيه autologues أو الخلايا الجنينية متعددة الكفاءات، سيحد كثيرا من مجال البحث هذا، لكنه لن يغني عن استعمال مواد غريبة عن الجسم لتكون حاملا لتلك الخلايا. كما أن هناك بعض المواد المطلوب منها أن تحرر في الجسم بعض الأدوية من مثل الأدوية المقاومة للسرطان والمضادات الحيوية ومحفزات النمو، وتلك المواد لا شك مواد لها مستقبل، مثلها في ذلك مثل المواد الحاملة للجينات التقويمية والعلاجية. هنا ندخل ميدان الهندسة النسيجية الذي لا تمثل المواد الأحيائية إلا عنصرا من عناصره.

المبادئ الاحترازية

مجال المادة الأحيائية مجال شديد الحساسية يستدعي إعمال مبدأ الاحتراز بالحرص ذاته الذي يُعمل به هذا المبدأ في مجال الأدوية. وتشمل الإجراءات الاحترازية جميع الاختبارات اللازم إجراؤها قبل الإقدام على زرع المواد في جسم

الإنسان، من دراسات تمثيلية في المختبر (كمنصات الاختبار بالنسبة إلى البدائل القلبية والمفصلية وغيرها) وتجارب بيولوجية على خلايا معزولة، ودراسات كمية على النسيج الحي ذاته (يفضل لها أن تجرى بالمقارنة مع مواد أخرى تكون مرجعا لها)، وأخيرا دراسات على الجسم كاملا تجيز مجموع نتائج الدراسات السابقة. أما الخطوات التالية فتتعلق بالحصول على تصريح ترقيمي أوربي تمنحه هيئة أوربية مسئولة، ثم إنجاز البروتوكولات السريرية حسب قانون Huriet، وأخيرا طرح المنتوج في الأسواق.

هنا تتدخل خصوصيات أنظمة التمويل العلاجي، التي تختلف باختلاف البلدان كما تختلف داخل كل بلد حسب نوعية العلاج، كما تتدخل قوى اللوبيات من مثل لوبي المحامين في الولايات المتحدة مثلا، اللوبي الذي استطاع في بعض الأحيان منع استعمال مادة معينة عبر الدفع بالسركة التي تصنعها إلى الإفلاس، مثلما فعلوا بالمزدرعات الثديية المصنوعة من مادة السيليكون، التي أفلحوا في طردها من السوق، رغم أنه لم يقم الدليل مطلقا على انطواء استعمالها على أي خطر متى كان الاستعمال عاديا وسليما. والنتيجة أن عددا من النساء قد وجدن أنفسهن محرومات من الحق في تقويم جمالي بعد علاجهن من سرطان الثدي، في حين انتاب القلق عددا كبيرا من النساء السليمات خوفا من الوقوع يوما ضحية مرض يصيب المكونات الهلامية في الجسم، ويستدعي العلاج منه اقتلاع الهلام من مكان ما من الجسد وتعويضه بمادة تملأ الفراغ المشوِّه الذي تركه. أما الطرف الوحيد الذي حقق ربحا ماديا من هذا المنع، فهو لوبي المحامين. وذاك أمر يدعو إلى القلق، إذ يخشى منه إضعاف موقف الشركات الكبرى المصنعة لهذه المواد (والتي يُنتظر منها تحقيق تطورات نوعية في هذا المجال)، بجعلها تحت رحمة مصالح لوبيات تجد خير عون في صحافة متعطشة للإثارة. من هنا أهمية إقامة محاكم مستقلة استقلالا حقيقيا عن الضغوط، تكون لها وحدها الصلاحية في حسم مثل هذا الأمور، وتكون، وهي تصدر حكمها، على وعي تام بأنه ما من نشاط

بشري، وبخاصة في المجال الطبي، إلا ويستدعي الحكم عليه أن تؤخذ بعين الاعتبار الفوائد الممكن اجتناؤها منه، مقارنة مع الأخطار التي تكتنفه، وهي أخطار ليس منها لسوء الحظ مناص أهان شأنها أم عَظُم.

تفرض متطلبات السلامة العادية مُددا طويلة جدا – عشر سنوات أو أكثر حسب القانون المتبع – يتعين على كل مادة جديدة انتظارها قبل أن يباح استعمالها لدى الإنسان. بعد ذلك يتعين تتبع المرضى ومراقبتهم ودراسة ردود أفعالهم والاجتهاد في فهم أسباب الفشل متى كان هناك فشل، وهو ما يتعين بطبيعة الحال القيام به في استقلال تام عن الصانع، مع الحرص على إبلاغ المجتمع العلمي والطبي، بل وحتى المرضى إن أمكن ذلك، عبر إقامة نوادٍ للتواصل كما هو الحال اليوم مع المرضى الحاملين لأعضاء منقولة.

الكاحل الاصطناعي

حكاية الكاحل الاصطناعي حكاية مشوقة مفيدة، يزيدها تشويقا وفائدة أن فرنسا قد أسهمت فيها بقسط وافر، بفضل أطباء من طينة Merle d'Aubigné والإخوة Judet وde Postel وBoutin وغيرهم. والحق أن الأمر يتعلق هنا بأحد أهم أوجه التقدم العلمي العلاجي من حيث تحسين الوظيفة وكذا من حيث الخدمة المقدمة، مع نسبة بين الفائدة والخطر تعد من بين أعلى النسب المحققة على وجه الإطلاق. أضف إلى ذلك أن الأمر يتعلق، بالقياس إلى مدى انتشاره بين الناس، بميدان ذي خطر، إذ يكفي أن نذكر أن حوالي ثمانمائة ألف شخص تجرى لهم عمليات من هذا النوع في فرنسا كل سنة. وهي عملية ليست بالهينة، تجرى في الغالب على أناس متقدمين في العمر ولا يُسجل رغم ذلك على إثرها من الوفيات إلا نحو واحد من ألف بالنسبة إلى المرضى الذين يتبعون علاجا مبرمجا. أما في حالات الفشل التي تعود بعضها إلى طريقة صناعة المادة المزروعة أو إلى بعض العناصر الداخلة فيها، فإن نسبة الوفيات ترتفع لتصبح ما بين ١ و٢ بالمائة. فإذا ما

أخذنا في الحسبان أن نحو ١٢ بالمائة من المرضى الذين زرعت لهم كواحل اصطناعية يعودون يوما إلى غرفة العمليات، اتضح لنا العدد الكبير من الناس الذين يغامرون بحياتهم ويموتون جراء ذلك (ويتعلق الأمر ببضع مئات من الناس، عدد ضحايا طائرة تتحطم أو طائرتين). من هنا أهمية العمل على محاربة أسباب الفشل أيا كانت تلك الأسباب، وهي حرب من بين أسلحتها تحسين التقنيات الطبية وأشكال الأعضاء الصناعية ونوعية المواد المستخدمة في صناعتها. ونحن نحسب أن اختيار المواد الداخلة في التصنيع يمكن أن يكون أهم أسباب الفشل. وتلك المواد أنواع، منها المواد الموجهة لتحمل الأثقال أو مقاومة الاحتكاك أو للتثبيت.

فأما المواد الموجهة إلى تحمل الأثقال الميكانيكية، فيتعين عليها أن تتحمل ما يتحمله مفصل الكاحل من جهد مضنٍ، ونعني ٣ إلى ٥ مرات وزن الجسم في الظروف العادية، و٧ إلى ٨ مرات وزنه في حال الجري مثلا أو حين يحمل الشخص كرسيا أو ينزل درجا بسرعة. لذلك يصنعون تلك الأجزاء من الصلب ومن كرومات الكوبالت ومن أمزاج البلاتين الذي يقبله الجسم علاوة على كونه شديد المقاومة للضغوط المتكررة في حال الإعياء. وقد حاول بعض الباحثين استعمال مواد أخرى منها المواد ذات الشكل المتأثر بالحرارة thermoplastique مثل مادة polyétherkétone مثلا، غير أنه قَلَّ مَن يدافع عن هذه المواد. ويجري تثبيت الأعضاء المعدنية إما عبر إسمنت أكريلي (مادة polyméthylmétacrylate) أو من دون ذلك الإسمنت (وهو ما يعرف باسم المزدرعات دون إسمنت). وحينذاك فإن التثبيت يجري إما في داخل فجوات جسم العضو الصناعي، وإما أن يعمد بالإضافة إلى ذلك إلى رش مكان التثبيت من العضو بمادة من البلازما المحفزة لنمو العظم، بسمك بضع عشرات الأجزاء من المليون من المتر، مما يسمح بتسريع التثبيت. وقد كان استعمال الإسمنت الأكريلي موضع انتقادات كثيرة؛ والحق أن الناظر في الأمر اليوم بعد مضي ثلاثين عاما يجد أن هذه التقنية آمنة، شريطة أن تكون طبقة الإسمنت سميكة بما يكفي، أو أن لا تُحمَّل تلك الطبقة جميع

المجهودات، نظرا لكون العضو الصناعي يكون في العادة نازلا بجزء من ثقله على العظم الذي يزرع فيه. وأما الاكتشاف الثاني الذي جاءت بها السنوات الأخيرة، فهو أن سطوح الإسمنت الملساء أعطت نتائج أفضل مما أعطته نظيرتها الخشنة. ويعود ذلك إلى أن هذا النوع الأخير من السطوح ينتج عنه مع الاحتكاك المستمر فتات من المعدن والإسمنت معا، يزداد خطرها مع خشونة السطح الذي هي موجودة عليه. ومن المفارقات أن هذا الأسمنت الذي برهن على أن الجسم يقبله على مدى طويل، ما كان ليرى النور لو اعتُمد في شأن تقييمه على نتائج الاختبارات النسيجية وحدها. وهذا دليل آخر على مدى اليقظة التي ينبغي التحلي بها عند تأويل معطيات الاختبارات ما قبل السريرية، وكذا الأهمية التي ينبغي أن تولى لمستقبل الإنسان قبل أي شيء آخر. لكن مهما كان الأمر، وسواء أكانت التقنية المستعملة في التثبيت تعتمد الإسمنت أم لا تعتمده، فإن المشكل الأساس الذي يبقى مطروحا هو مشكل الفتات الناتج عن الاحتكاك، مما يبين أهمية الاختيار الصائب عند صنع الأجزاء المعرضة للاحتكاك.

وللصانع أن يختار بين عدد من الأمزجة بين المواد. فهناك مثلا الزوج المتكون من معدن ممزوج بالبوليثيلين، وهو مزيج أعطى نتائج جيدة، وإذا ما روعي أن تكون طبقة البوليثيلين سميكة بما يكفي وأن تكون الرأس التي ستلتقي بالعظم ملساء وصغيرة وأن لا يكون هناك أي جسم ثالث بنها وبين العظم، فإن بالاستطاعة إطالة عمر المزدرعة، شريطة أن لا يكون استعمالها مفرطا. ذلك ما يجعل هذا الزوج صالحا للأشخاص المسنين. وعلى العكس من ذلك فإن الزوج المتكون من الألومين يتمتع بمقاومة للاحتكاك تفوق نظيرتها لدى سابقه بآلاف المرات، مما يؤهله لأن يتيح نشاطا عاديا، ويجعله بالتالي خير زوج يصلح للمرضى الشباب وحتى صغار السن، إذ يضمن أن يبقى الجسم قابلا للجزء المزروع لعدة عقود. وأما الزوج المتكون من معدن/معدن، وهو أسهلها تصنيعا ووضعا، فيشهد اليوم ازدهارا صناعيا ذا بال. ولعل عيبه الوحيد يكمن في قابليته

للتحزيز وكونه يحتوي معدني الكروم والكوبالت اللذين يطرحان مشـاكل مناعيـة على المـدى البعيـد. وتبقـى الأزواج الأخـرى، مـن مثـل فخـار/بـوليثيلين وزيركون/زيركون وما إليها، وتنقصها مصادقة تجارب سريرية مهمة من مثل تلك التي اجتازتها الأزواج السابقة بنجاح. وقد مكنت التجارب من وصـف ردة الفعـل المناعية تجاه الفتات الناتج عن التآكل وصفا وافيا، واتضح أنها تتسبب في إصـابة العظم الحامل بتدمير يدعى ostéolyse أو "تحلل العظم"، يكون في الغالب مسـئولا عن انفصام التثبيت والعودة بالمريض. إلى غرفة العمليات لتجرى له عملية أصعب من سابقتها وأدنى حظوظا في النجاح، نظرا إلى أن العظم المراد تثبيت المزدرعة عليه يكون ساعتها متآكلا مدمَّرا. وأما الفخار، فإن عيبه يكمن في صلابته – وهي مشكلة نظرية أكثر مما هي تطبيقية – وفي هشاشته. والحق أن أنواع الفخار الطبي التي تصنع اليوم – إذا ما أُخذ في الحسبان ما تحقق مـن تطـور فـي النوعيـة والاختبارات التي أجريت، وإذا كان شكل المزدرعة وطريقة وضـعها سـليمان – تستجيب تمام الاستجابة للشروط المفروض فيها الاستجابة لها، مع نسـبة حـدوث كسور لدى الاستعمال العادي لا تجاوز واحدا على ألفين.

وقد ازددنا معرفة بهذه المواد جميعها عبر سبل عديدة منهـا علـى سـبيل المقال تتبُّع المرضى الذي يستدعي تطبيـق الطـرق الإحصـائية التـي تـدخل الاحتمالات في حسابها، مما يتيح التنبؤ بأخطار الانتكاس بالنسبة إلى كل مزدرعة على حدة. ولقد عمدت بعض الدول مثل السويد إلى تطعيم الحاسـوب بمعلومـات شاملة عن كل المزدرعات التي جرى زرعها على مدى عشرين عاما، مما وضـع بين أيدي الباحثين أداة عمل ليس كمثلها أداة. وتمثل المزدرعـات التـي يجـري انتزاعها بعد وضعها – مهما كان السبب الدافع إلى ذلك – عناصر بحث ودراسـة من الأهمية بمكان، مثلها في ذلك مثل نتائج التتبع الطبي والإشـعاعي للمرضـى الذين تنجح عمليات الزرع لديهم. ويجري في هذا الإطار بانتظـام أخـذ قياسـات لمدى اتساع الخطوات وحدود الألم ومدى حرية تحريـك الأطـراف، تصـاحبها

قياسات إشعاعية لمعرفة مدى نزوح المزدرعات من مكانها. وإذ يتسلح الطبيب بهذه المعلومات جميعا، فإنه يكون بإمكانه أن يقترح عملية الزرع على المريض وأن يضمن له، لا فحسب نسبة مقبولة من النجاح، بل وأيضا عمرا للمزدرعة أطول مما عرفه الناس فيما قبل.

يثير هذا المجال كثيرا من الأطماع. وذاك لعمري شيء طبيعي بالنظر إلى اتساع سوق مثل هذه المواد وإلى الأرباح المنتظر جنيها منها. غير أن المواد التي يقدمونها على أنها تمثل ثورة في الميدان يلزمها أن تقيم الدليل على ما يصفونها به. وعليها في انتظار ذلك أن تبقى تحت تصرف هيئات مختصة تقوم بإجراء التجارب والاختبارات عليها. ونذكر منها على سبيل المثال استعمال الإنسان الآلي في زرع المزدرعات وكذا ما يدعونه بالمزدرعات المصنوعة على القياس، وهي جميعها تقنيات لم تُجزها بعد التجربة السريرية.

المقاربات المختلفة في صناعة المادة الأحيائية

شهد مجال المواد الأحيائية ظهور مقاربات مختلفة يمكن تلخيصها فيما يلي:

- المقاربة المعروفة باسم القياس البيولوجي أو "البروميتية"، إذ يحاول العالم، مثله في ذلك مثل الإله الإغريقي القديم، إعادة خلق المادة الحية. وذاك ما كان يعني أنه يكفي العالم أن يحلل تلك المادة وأن يعرف جميع جوانبها حتى لا تخفى عنه بعدُ خافيةٌ من طبيعتها الكيميائية وخصائصها الفيزيائية وغير ذلك، كي يستطيع نقلها نقلا وصنع نظير لها. وهي مقاربة قد تبدو جذابة، لكنها في حقيقة الأمر غير مفضية في الوقت الراهن إلى شيء. فما بتقليد الطيور استطاع الإنسان الطيران. ولئن كان نظام الرادار قد استوحى طريقة عمله من نظيره الذي تعتمده الخفافيش العمياء في معرفة محيطها، فإن هناك العديد من الاختراعات التكنولوجية، كالعجلة والطائرة والهاتف والحاسوب، ليس لها مقابل مباشر في عالم الحيوان.

- المقاربة التجارية أو الصناعية: وتقوم على أساس أنه إذا ما توصل صانع إلى ابتكار مادة يمكنها أن تحل محل المادة الحية، فينبغي استعمال تلك المادة طالما كانت هناك سوق تطلبها. وهي طريقة لا تأخذ في الحسبان الحاجات الحقيقية ولا الحلول البديلة، ولا تولي في الغالب اهتماما لمدى قابلية المادة الحية لدخول أجسام غريبة عليها، ولا تولي بالا إلى تعقيد بنية المادة الحية التي من طبيعتها التغير. والنتيجة أنها طريقة غالبا ما قادت إلى الفشل الذريع.

- أما خير المقاربات جميعا فهي المقاربة العلمية. وتقوم هذه المقاربة على تحديد الحاجيات من وجهة النظر الطبية، من تقييم لمدى العجز عند المريض، وتحليل لأسباب ذلك العجز، وعناية بمعرفة المحيط المادي والكيميائي والميكانيكي، ثم اختيار بين المواد المؤهلة لتعيين أنسبها لحالة المريض، يلي ذلك كله صناعة النماذج وتجريبها في المختبر، مع اعتبار جميع العناصر المتضمنة في دفتر التحملات، حيث لا مناص من أن تتحقق الشروط كلها، وإلا جرى إيقاف كل شيء دون تردد.

ونذكر في الأخير أن طريقة المحاولة والخطإ كان لها الفضل في تمكين التقنيين من تحقيق نجاحات متوالية انطلاقا من المعطيات المتجمعة. ولعل أهم عنصر في هذا العمل كله هو العنصر الآدمي، ونعني كفاءة الطواقم الطبية والتقنية. ولئن كان فهم الظواهر الملاحظة - أسلبية كانت تلك الظواهر (كأسباب الفشل متى كان هناك فشل) أم إيجابية (لماذا نجحت العملية؟) - أمرا صعبا، فإنه في مقابل ذلك قمين بأن يتيح تحقيق الكثير من التقدم التقني في هذا المجال.

خاتمة

المواد الأحيائية مجال للبحث والدراسة لا يزال يطرح المشاكل ذاتها مهما تكن طبيعة المادة المعنية بالحديث، وهي مشاكل البحث، نظرا إلى غياب أي بنية تنظيمية تضبط مجالا بهذه الدرجة من تعدد الاختصاصات، لا يتمتع بالإضافة إلى ذلك، عكس الدواء، بأي دعم من قبل الصناعة الصيدلانية. فالمؤسسات التي تقوم بتصنيع مواد إحيائية مؤسساتٌ صغيرة، تشتغل على مواد وحيدة، وتخضع لكثير من الإكراهات والضغوط. غير أنه يبقى رغم ذلك كله مجالا ذا أهمية بالغة. وإذا كنا نرى اليوم أن التقنية تجاوزت وضع المزدرعات وحدها لتضيف إليها خلايا مختصة autologues، فإن إضافة عوامل للنمو، بل وحتى جينات مختصة في التقويم هي كلها مجالات للبحث فسيحة واسعة. وسيبقى هذا المجال في تطور مستمر ما لم تظهر إلى الوجود تقنيات علاجية جديدة أو يستطيع الناس البلوغ بالعلاج الوقائي مبلغا تصبح معه هذه الأعضاء الصناعية أمرا متجاوزا. ولا بد لأجل ذلك من العمل على اجتذاب علماء أحياء ومهندسين شباب إلى العمل فيه، وذلك عبر تحفيزهم وتشجيعهم على البحث في مجاله، ولن يتأتى ذلك إلا بجعله اختصاصا علميا قائما بذاته.

المواد الذكية[٦]

بقلم جوويل دى روسينه
Joël de ROSNAY

قامت الحضارات القديمة بفضل مواد طبيعية كالخشب والحجارة والجلد والعظام والقرون والكتان والقنب وما إليها. ثم أتى زمن قريب إلينا فشهد العالم ميلاد مواد جديدة مصنعة كاللدائن، تلتها المواد متعددة العناصر، فدخلت جميعها في صناعة السيارات والطائرات واللوازم الرياضية والتجهيزات العسكرية. ومعلوم أن خصائص الشيء المصنوع من مادة طبيعية أو مصنعة تبقى رهينة بخصائص المادة التي منها صنع ذلك الشيء. غير أن الباحثين والمهندسين بدؤوا شيئا فشيئا يشعرون بالحاجة إلى استعمال مواد تكون حاملة لوظيفتها الخاصة، فكان ذلك إيذانا بميلاد المواد الذكية، التي رأت النور في أوائل الثمانينات من القرن الماضي، بفضل أبحاث أجريت في الولايات المتحدة في ميدان الملاحة الجوية أساسا، لتشمل بعد ذلك ميادين البحث جميعا. وقد أصبحت الوظائف اليوم، بفضل المواد الذكية، متضمنة في شكل الأشياء المصنوعة وفي المادة التي صنعت منها، وأصبحت المواد من جهتها قابلة للتكيف والتطور معا. وقد شكلت ثورة القرن العشرين هذه إحياءً لأمجاد الكيمياء، ناهيك عن أن المواد الذكية تشهد على ما تضطلع به النماذج البيولوجية من دور تزيد أهميته يوما عن يوم في إتاحة صنع مواد جديدة. فنقل الأنساق الحية والآلات والمحركات الجزيئية أو الخلوية، ونقل الأغشية النشطة أو الانتقائية، يفتح آفاقا لتطبيقات جديدة في الميدان الطبي كما في ميدان الإعلاميات. وتفرض المواد الذكية اليوم نفسها في مختلف الميادين، من البناء إلى التجهيزات الرياضية، مرورا بالطب الأحيائي وصناعة الإنسان الآلي والعتاد العسكري وغير ذلك.

---

(٦) نص المحاضرة رقم ٢٧٨ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٤ أكتوبر ٢٠٠٠.

ما المادة الذكية ؟
تعريف وأمثلة في التطبيقات

من خصائص المادة الذكية أنها حساسة وقابلة للتكيف والتطور. وهي تمتلك وظائف تتيح لها أن تتصرف مثل لاقط (لاستشعار الإشارات) ومحرك (ينجز عملا معينا على محيطه) وفي بعض الحالات مثل مترجم ومنفذ للتعليمات (معالجة المعلومات ومقارنتها وتخزينها). وتستطيع المواد الذكية أن تغير لحظيا خصائصها الفيزيائية (كالشكل وقابلية الارتباط ودرجة اللزوجة وحتى اللون) استجابة لمحفزات طبيعية أو مصطنعة، آتية من الخارج أو من داخل المادة ذاتها (مثل تغيير في درجة الحرارة أو في الإكراهات الميكانيكية أو الحقول الكهربية أو المغناطيسية). وتبعا لذلك فإن المادة الذكية ستكيف استجابتها، فتشير إلى تغيير حدث في محيطها، وتقوم في بعض الحالات بإنجاز عمل تصحيحي. هكذا يصبح من الممكن الكشف عن نقاط ضعف في الطبقة المغطية لهيكل طائرة، أو شقوق في بناية أو سد من الخرسانة، والحد من الذبذبات التي تحدثها مروحية طائرة عمودية، وإيلاج مصافٍ في العروق تكون مهمتها الحيلولة دون انتشار الجلطات الدموية وما إلى ذلك.

فما هي يا ترى أنواع المواد الذكية؟ يمكن حصر هذه الأنواع في ثلاثة رئيسة يستعملونها في كثير من التطبيقات في قطاعات مختلفة، وهي السبائك المعدنية ذات الذاكرة المرتبطة بالشكل alliages à mémoire de forme ou AMF، والمواد المتكهربة بالضغط piézo-électriques، والمواد التي تتضغط تحت تأثير الحقول الكهربية أو المغناطيسية électrostrictifs et magnétostrictifs.

فأما السبائك المعدنية ذات الذاكرة المرتبطة بالشكل فهي أشهرها، وهي تغير من شكلها حين تتعرض لدرجات حرارة منخفضة، ثم تستعيده شيئا فشيئا عبر تغيرات في حالتها. ويقوم المبدأ الرئيس في ذلك على تغيير قابل للانعكاس (تغيير

في البنية البلورية) يسببه التغير في درجة الحرارة. وتصنع هذه المواد غالبا من سبائك من النيكل والتيتان (وهو ما يدعونه النيتينول)، مضافا إليه بعض العناصر الأخرى مثل النحاس والحديد والكروم والألمنيوم. وتستعمل صناعة السلاح والالكترونيات منذ أواخر الستينات هذه السبائك في صنع المجاري المائية والمجمعات الكهربائية، كما أن صناعة حافظات الحرارة والحارقات في المحركات الحرارية والألعاب والنحت وغيرها تستعمل هذه الوظائف. وتوجد كذلك مصافٍ ذات ذاكرة، تستطيع اصطياد الجلطات الدموية في العروق.

وأما الموادما المتكهربة بالضغط، فإنها تنتج تيارا كهربائيا حين تتعرض لإكراه ميكانيكي – كأن يجري تعريضها لضغط على سبيل المثال – وتغير على العكس من ذلك شكلها حين تتعرض لتيار كهربائي. وهذه المواد تصنع في الغالب من الفخار وفي الآونة الأخيرة من المركبات المكثفة polymères. ولعل أشهرها الكوارتز المستعمل في الساعات الكوارتزية، والذي يتيح تَعَهُّدَ نبضاتٍ أساسٍ تُمكِّن من قياس الزمن. وتستعمل المواد المتكهربة بالضغط كذلك في التخفيف من قوة الذبذبات ومن الضجيج. فيمكن على سبيل المثال تغليف محورٍ دوار بهذه المواد من أجل الخفض إلى حد كبير من قوة الارتجاجات، كما يستعملها الأطباء لاكتشاف الأمواج ما فوق السمعية. ونذكر من بين استعمالات المواد المتكهربة بالضغط كذلك الكشفَ عن حال بعض المواد الداخلة في تركيب هياكل الطائرات والمباني المشيدة بالإسمنت، إذ يستطيع لاقط متكهرب بالضغط اكتشاف شق في جدار أو نقطة ضعف في هيكل. فنحن نعلم مثلا أن انكسار ألياف من الكربون يؤدي إلى تغيير في مقاومة الدارة الكهربائية التي تكونها تلك الألياف.

ومن تطبيقات هذا المبدأ الفيزيائي نذكر "الإسمنت الذكي".

يتمتع هذا الإسمنت بما يشبه "جهازا عصبيا" يتيح له اكتشاف التغيرات الداخلية ونقل معلومات إلى المحيط الخارجي. ويمكن باستعمال هذا النوع من الإسمنت بناء جسور وسدود قادرة على إرشاد المهندس إلى نقاط الضعف في

البناء، وتحديد النقطة التي يمكن أن تظهر فيها شقوق أو كسور. فمعلوم أن مثل هذه البنايات، تحت تأثير العوامل الجوية المختلفة من حر وقر وثلج وريح وغيرها، قد تتصدع دونما سابق إشعار ودون أن تظهر عليها قبل ذلك أية علامات ترشد التقنيين إلى ما يتهددها. ذلك ما جعل الباحثين في جامعة نيويورك في بوفالو، تحت قيادة البروفيسور D. Chung، يهتدون إلى تزويد الإسمنت بجهاز عصبي حقيقي متكون من ألياف الكربون. ويتعلق الأمر بألياف قطرها عشرة أجزاء من المليون من المتر وطولها بضعة سنتيمترات، يجري خلطها بالإسمنت حين تهيئته، ورغم أنها لا تمثل سوى ٠،٠٥ بالمائة من حجم الإسمنت، إلا أنها تزيد ناقليته الكهربائية conductibilité بمقدار عشرة بالمائة. وبما أن الألياف تبقى بارزة إلى الخارج، فإن بالإمكان وضع أقطاب كهربائية لاقطة في أيما نقطة شئنا من البناء لنعرف نقاط ضعفه انطلاقا من حساب المقاومة الكهربائية في الإسمنت. وبفضل ذلك فإننا سنستطيع التقاط الإشارات الدالة على أن سورا سيتصدع أو أن جسرا أنهكه الاستعمال أو نخره زلزال سينهار، وذلك قبل أن يتصدع السور أو ينهار الجسر بزمن.

وأما المواد التي تنضغط تحت تأثير الحقول المغناطيسية، فهي مثل نظيرتها الحساسة للحقول الكهربية، إذ تغير من شكلها تحت تأثير الحقل، بتناسب مع مربع قوة الحقل المعني. وتستطيع هذه المواد أو المواد المكثفة أن تتكيف آليا مع محيطها باتخاذ أشكال مناسبة ردا على محفزات خارجية صوتية أو اهتزازية أو ميكانيكية أو حرارية.

هذه الأنواع الثلاثة التي ذكرنا هي الأكثر شهرة واستعمالا، لكن هناك الكثير غيرها، مثل الموائع القابلة للتجمد تحت تأثير حقل كهربائي électrorhéologiques، والتي تتجمد بفعل الاتجاه الذي تتخذه بعض الجزيئات القابلة للاستقطاب حين تكون عالقة في سائل. ويمكن بذلك تصنيع سوائل تصبح جليدا تحت تأثير تيار كهربائي، بما يعنيه ذلك من تطبيقات عديدة في المجال الطبي

البيولوجي على وجه الخصوص. وتوجد مواد مكثفة ناقلة للتيار الكهربائي أو نصف ناقلة، ومواد مكثفة ذات شفافية تتغير بتغير الحرارة، أو زجاج يستطيع أن يغير لونه استجابة لمحفزات خارجية. وينبغي بطبيعة الحال أن نذكر البلورات السائلة التي تدخل في تركيب شاشات الحواسيب المحمولة وكذا في الهواتف والساعات، وما إليها من أنصاف النواقل التي يمكن اعتبارها كذلك مواد ذكية.

التطبيقات الحديثة في مجال المواد الذكية

تشهد هذه المواد – التي يمكن أن ننعتها بأنها "تقليدية" – تطبيقات عديدة في مجال الصناعة والسكن والاستجمام. غير أن هناك أجيالا جديدة من هذه المواد بدأت ترى النور بفضل تطور كيمياء المواد المكثفة، وكذا بفضل فهمنا فهما أمثل لماهية البنيات البيولوجية القمينة بأن تُتخذ نماذج وأمثلة. ويمكن أن نعتبر أن بنايات المستقبل وكذا المكاتب ستكون كلها مجهزة بأنواع من المواد الذكية المرتبطة بلاقطات وأنظمة إلكترونية وآلات منزلية، ستحدث دون شك ثورة كبرى في سبل عيشنا في منازل المستقبل. فعلى عكس المواد الأخرى السلبية التي تستطيع الحيلولة ضد الضجيج أو ضد تسرب الحرارة، ستكون المواد الذكية قادرة على التكيف مع محيطها تماما كما يفعل جلد حي. ومن ذلك مثلا أن تعمل على امتصاص الرطوبة أو نفثِ رذاذ الماء كما يفعل المرطب الآلي، أو إحداث تيار هوائي متى بلغت الحرارة قدرا معينا، أو القضاء على الروائح المزعجة، أو قتل القراديات الكامنة في الستائر وفي الحشايا – والتي تسبب الربو لساكني الحجرة أو البيت – أو تعتيم زجاج نافذة أو نظارة متى أصبح النور أقوى مما ينبغي، أو حتى القضاء على الاهتزازات بل وحتى على الضجيج نفسه، عبر إنتاج مضادات للضجيج أو للاهتزازات تعمل على سد الطريق أمام مصدر الإزعاج.

وقد جرى تحقيق واحدة من أكثر تطبيقات المادة الذكية إثارة للانتباه في مجال المواد المكثفة الأحيائية biopolymères، إذ يجري استعمال هذه المواد في

كثير من التطبيقات في مجال الطب والتكنولوجيا الأحيائية. فالحرير والكولاجين والسليلوز والإيلاستين كلها مواد أحيائية معروفة منذ القدم، غير أن العلماء انتبهوا منذ فترة إلى أن بالإمكان استعمال بعض المواد الأحيائية المصنعة في معالجة أمراض بعض أعضاء الجسم أو اختلال وظائفه أو تعويضها. وعلى سبيل المثال فإن بضعة كبسولات من مواد مكثفة ذكية تستطيع، إن هي زرعت في الجسم، السماح بمرور جزيئات قادرة على ضمان علاج مستمر لبعض الأمراض الجسدية، كما أن بإمكان بعض المواد الأحيائية الأخرى أن تُستعمل أعضاءَ بديلةً، وصماماتٍ قلبيةً وأغشيةً انتقائية. فكثير من المختبرات تستعمل الكولاجين أو السليلوز أو حتى المرجان شكلا أوليا تنقسم الخلايا الطبيعية انطلاقا منه لتعيد تكوين جزء متضرر أو ناقص في عضو معين. فكم من أنف أعيد تشكيله اعتمادا على انقسام خلايا جلدية تقوم على هيكل من هذا النوع، مكون من مادة قابلة للاندثار بطريقة طبيعية.

وستضطلع "مواد دعم ذكية" في مستقبل الأيام بدور متعاظم في مجال الهندسة النسيجية، حيث سيكون باستطاعة مواد مكثفة معدلة أو مصنعة ممارسة تأثير مباشر على الخلايا التي تغطيها بفضل خصائصها السطحية. وقد جرى بالفعل إدماج إشارات جزيئية بيولوجية في هذه المواد من أجل منحها خصائص سطحيةً تماثل خصائص مواقع التعارف الطبيعية التي تتعرفها الخلايا فتتصرف كما تتصرف داخل جسم حي، مما يتيح توجيه الخلايا للتجمع أو الانتظام بطريقة مبرمجة. وقد توصلت بعض فرق الباحثين حاليا إلى جعل أعصاب مقطوعة تنمو وتتصل، وذلك بفضل جسور من هذه المواد الذكية أقاموها بين الأطراف العصبية.

نماذج حديثة وأدوات جديدة

تستلهم الموادُ الذكية النماذجَ البيولوجية بقدر يزيد يوما عن يوم. فقد أصبحنا منذ بضع سنوات أحسن اطلاعا على بنيات الأغشية ودور البروتينات وحمض ADN والنشويات والدهون، وكذا على الدور الذي تضطلع به المحركات الجزيئية

التي تضمن اشتغال الآليات الداخلية في الخلايا الحية. وقد وضع ذلك بين أيدي الباحثين نماذج عديدة يستطيعون استلهامَها أو نقلَها نقلا. أضف إلى ذلك أن أدوات جديدة تتيح لهم اليوم الاشتغال على المستوى الجزيئي، بل وحتى النووي. وهذا يؤذن بانطلاقة للتكنولوجيا المصغرة القائمة على تجميع بنيات ما فوق جزيئية، انطلاقا "من الأسفل نحو الأعلى". والحق أن المسعى التقليدي في التصغير كان بالأخص قائما على اقتلاع المادة قشرة قشرة، بفضل تقنيات كتقنية الطباعة الحجرية الشمسية photolithographie المستعملة في صناعة الناظمات المصغرة microprocesseurs. أما اليوم، فإن معرفتنا بخصائص المواد الفيزيائية والكيميائية وبطريقة تجميع البنيات المعقدة، تتيح لنا اصطناع مواد جيدة عبر إضافة مواد إليها عوض اقتلاعها منها. فيمكن مثلا أن نصنع طبقات رقيقة ذات تطبيقات عديدة. وقد قاد البحوث في هذا المجال منذ سنوات العالمان Langmuir وBlodgett، اللذين استطاعا تصنيع طبقات رقيقة تُعرف اليوم باسميهما (واختصارا نقول طبقات LB)، وهي تحتل اليوم مكانا مرموقا في الإليكترونيات الجزيئية، أحد أهم قطاعات المواد الذكية المستقبلية. وتشتغل العديد من المختبرات حاليا في إنتاج تركيبات دقيقة مبرمجة قادرة على أن تُجمِّع بطريقة منتظمة بنيات معقدة، انطلاقا من الصغير الذي لا يرى بالعين المجردة، وانتهاء بالكبير الذي يستطيع الإنسان استعماله. وتتيح بعض المجاهر القوية اليوم للعلماء أن يشتغلوا على المادة ذرة ذرة، بما يمكنهم من صنع مواد حساسة أو قادرة على الاستجابة لدواعي محيطها. كما أن بعض المختبرات الأخرى تشتغل على آلات مصغرة قادرة على التعامل مع "سلاسل جبلية جزيئية" لتصنع منها مواد للمستقبل.

وتفتح هذه الوسائل والتقنيات الحديثة الباب واسعا أمام أنواع جديدة من المواد المكثفة الناقلة ونصف الناقلة، التي يمكنها أن تكون أساسا للالكترونيات الجزيئية في المستقبل. فالمكونات الاليكترونية الجزيئية تبدو اليوم خير مرشح لخلافة المواد نصف الناقلة التقليدية، إذ إنها تتميز عنها بخصائص منها إمكانية

التجميع بثلاثة أبعاد، وإمكانية تركيب المواد بطريقة تتيح الحصول على الخصائص المرغوب فيها دون غيرها، والتصغير الذي يقارب حجم البنيات البيولوجية، وإمكانية إقامة مساحة مشتركة مع الأنساق الحية.

وقد أصبح من الممكن، بفضل الهندسة الجينية والكيمياء العضوية، صناعة مكونات تتمتع بخصائص محددة، بل وحتى رقائق بيولوجية قابلة للارتباط بالأجسام الحية. فللمرة الأولى سيكون من الممكن جعل دارة كهربائية تنمو كما تنمو بلورة. غير أنه لا بد للباحثين قبل ذلك من التحكم في مراحل مختلفة: فينبغي أولا صناعة عاكسات تيار جزيئية قادرة على الانتقال من حال إلى حال، وهو ما أفلح في التوصل إليه العالم James Tour، من جامعة Rice University و Mark Reed من جامعة Yale. ثم ينبغي التمكن من مساءلة تلك العاكسات لمعرفة الحالة التي توجد عليها في لحظة معينة، وصناعة ذاكرات جزيئية قابلة للاستخدام مرات عديدة، ووصلها بأسلاك جزيئية قادرة على نقل المعلومات. ثم هناك مرحلة أخرى هي مرحلة تركيب العاكسات والذاكرات والأسلاك في بنيات أو شبكات منظمة على مختلف مستويات التواصل والترابط، لأجل القيام بوظائف منسقة فيما بينها. وأخيرا سيتعين أن يكون الخبراء قادرين على إصلاح ما قد يصيب تلك الأنظمة من أعطاب، حتى يتسنى اكتشاف الجزيئات التي لا تشتغل بشكل جيد، وتعويض المكونات التي لم تعد قادرة على العمل. وقد حقق العلماء تقدما ملموسا في كل هذه المجالات، حيث يمكن أن نقول اليوم إن الاليكترونيات الجزيئية ستضطلع بأدوار تزيد أهمية في مستقبل الأيام.

هناك صنف آخر من المواد الذكية ستكون له دون شك تطبيقات ذات بال في حياتنا اليومية، ونعني ما يعرف باسم "النسيج الذكي". ويتعلق الأمر بمواد مكثفة قادرة على تغيير لونها تبعا لعدد من المعطيات الفيزيائية، مثل مرور تيار كهربائي ولو ضعيف، أو تغيير في الحرارة، أو تَعَرُّضٍ لإكراه ميكانيكي. وحينها فإن لون الثوب أو ما يرسم عليه من كتابات أو رسوم لن يكون مطبوعا عليه بمداد خاص،

بل سيكون كل ذلك متولدا عن ألياف من المواد المكثفة قادرة على أن تخلق صورا مختلفة في مواضع معينة من الجسد، فكأن لابسها يحمل على ظهره أو صدره شاشة بلورية من النوع الذي تجهز به اليوم الحواسيب المحمولة. كما سيمكن تجهيز العسكريين ببذلات مصنوعة من هذه المواد المكثفة ومجهزة بكاميرات دقيقة قادرة على تعرف المحيط وتغيير لونها بما يناسبه ويكفل أقصى حد من الحماية للابسها. ويمكن أن نتصور جندي الغد متمتعا بما تتمتع به الحرباء من قدرة على تغيير لونها لتختفي وسط محيطها المباشر.

وقد قدم مصمم الأزياء الفرنسي Ted Lapidus مئات الطلبات لرخص صناعية، وخاط فساتين من طراز الخياطة الرفيع انطلاقا من هذه الأنسجة الذكية. هكذا سنرى في القريب فساتين تغير لونها مرات متعددة خلال السهرة الواحدة، أو تكتسي رسوما تختلف باختلاف المحيط الذي توجد فيه. أما الألبسة الداخلية أو الرياضية فستكون محملة بلواقط قادرة على إرسال إشارات عن المعطيات الجسدية يلتقطها الطبيب أو المدرب فيبني عليها من الأحكام ما ينبغي له أن يبني.

مواد المستقبل الذكية: نحو الإنسان التكافلي

تفتح التطورات الحاصلة في ميادين التكنولوجيات الأحيائية والتكنولوجيات المصغرة آفاقا واسعة وسبلا غير مطروقة أمام مواد المستقبل. ونحن ما زلنا في فجر هذا العهد الجديد، عهد المواد الذكية. فحمض ADN والبروتينات والنشويات هي كلها مواد ذكية، حيث إنها قادرة على حمل الطاقة من مكان إلى مكان، والاستجابة لمحفزات من محيطها المباشر، وتغيير شكلها، وتَعَرُّف جزيئات أخرى، وحفزَ تكوينِ بنياتٍ ما فوق جزيئية. ويمكن أن يُعد حمض ADN على وجه الخصوص سلكا جزيئيا حقيقيا ينقل الإليكترونات من مكان إلى مكان. وهذا الجزيء قادر كذلك على معالجة المعلومات، وهي خاصية يستفيد منها اليوم الحاسوب البيولوجي العامل بهذا الحمض. والخبراء سائرون اليوم في سبيل تحقيق

اندماج بين المواد الأحيائية الذكية والمواد المصنعة التي تشترك معها في مساحات التقاء. وسيقود هذا التطور إلى صناعة رقائق أحيائية قابلة للزرع قمينة بمعالجة عدد من الاختلالات التمثلية (كالشبكية الاصطناعية والسمع الاصطناعي ومضخات الإنسولين والمحفزات أو معدلات الاختلاج القلبية)، وكذا إلى شرائح أحيائية تصلح لإنجاز اختبارات كيميائية وطبية أو للدخول في تركيب آلات جزيئية قادرة على إنجاز مهام متعددة. وهناك بعض من المختبرات المصغرة المصنوعة تبعا لتقنيات الناظمات المصغرة، والمحتوية على أنابيب دقيقة تسري فيها جزيئات ومضخات ومحركات مصغرة، تستطيع اليوم إنجاز آلاف من الاختبارات في الساعة مشتغلةً في توازٍ. وسنرى في المستقبل "حبوبا ذكية" تقوم على مجموع هذه التقنيات، يمكن زرعها في الجسد فتعمل على علاج أمراض خطيرة مستعصية.

وقد استطاع فريق بحث من جامعة بيركلي، بقيادة Boris Robinsky وYong Huang تصنيع شرائح أحيائية هجينة مكونة من دارات من السيليسيوم ومن خلايا حية. ويمكن التحكم في هذه الدارات، التي لا يتعدى حجمها حجم شعرة، بواسطة حاسوب خارجي. وقد جاء الترانزيستور الأحيائي biotransistor نتيجة تقنيات مشابهة لتلك المعتمدة في صنع الناظمات المصغرة. كما أن هناك خاصية جديدة (يدعونها البَقْر الكهربائي électroporation)، معروفة منذ سنين لكنها لا تزال غير متحكَّم فيها كما ينبغي، تتيح إحداث ثقب في غشاء الخلية لإيلاج جزيئات علاجية منه. ويجري التحكم في اتساع تلك الثقوب عبر تيار كهربائي يبثه حاسوب لتتلقفه وتقويه شريحة من السليسيوم تعيش عليها الخلايا. وفي المقابل تبث الخلايا تيارا كهربائيا ضعيفا ينبئ على وجه الجزم بأن الثقوب في أغشية الخلايا مفتوحة. بذلك تتصرف الدارة الهجينة تماما كصمام ثنائي diode يعتمد لأول مرة وسيطا حيا في دارة إليكترونية. وتقود نتائج هذه الأبحاث إلى تطبيقات صناعية عديدة، حيث وُضعت كثير من طلبات الرخص الصناعية في هذا المجال. وقد توصلت مختبرات أخرى إلى صناعة "شرائح عصبية" neuropuces بتربية خلايا

عصبية حية على شرائح من السيليسيوم. بل لقد نجحوا في جعل المحاور العصبية axones تتبع طريقا مرسومة مسبقا، وذلك بفضل استعمال مساحات من المواد الذكية، بما يتيح بناء دارات جزيئية تشتغل انطلاقا من خلايا حية. وقد أبانت هذه الدارات عن قدرتها على معالجة المعلومات ونقلها إلى حواسيب إليكترونية تقليدية.

ونصل إلى مستوى من التعقيد أعلى مما سبق، فنجد المواد الذكية داخلة في تركيب آلات حقيقية، في داخل الناظمات أو الذاكرات، ويدعونها MEMS (اختصارا لعبارة microelctromecanical systems، أو الأنظمة الكهرميكانيكية المصغرة). ولعل أكثر تطبيقات هذه المواد إثارة للإعجاب "الحبوب الذكية" التي نجح في صنعها الباحث Robert Langer من معهد MIT، والتي استجابت لرغبة خبراء من مختبرات صيدلية كثيرة كانوا منذ زمن يبحثون عن وسيلة لصنع حبوب محتوية على الدواء وقادرة على حقن الجسم بمقادير معلومة من حمولتها الثمينة عبر الزمن. ويمكن التحكم في هذه الكبسولات المبرمجة عن بعد بواسطة تيار كهربائي موجه. فهي مصنوعة من جليد من مواد مكثفة يصبح قابلا للذوبان في الماء إذا سرى فيه تيار كهربائي ضعيف. وقد استفاد Robert Langer من هذا المبدأ لصنع حبوب بيوكهربائية قابلة للزرع في الجسم لتبث الدواء فيه طيلة أشهر عدة. وتكون هذه الكبسولات مليئة بآلاف من الثقوب يمكنها أن تنفتح لتحرير الدواء بناء على إشارة تتلقاها اللاقطات الأحيائية، إذ يكون كل ثقب منها مغطى بجليد حساس للتيار الكهربائي يصبح قابلا للذوبان متى سرى فيه تيار، مما يتيح بث الدواء في الجسم في المواعيد المناسبة وبالكميات المطلوبة.

وتتيح أنواع جديدة من المواد الذكية المكتشفة مؤخرا تَتَبُّعَ آثار التحولات داخل الخلية، ونعني ما يعرف باسم البقع الكمية taches quantiques، التي تتميز بكونها تتخذ ألوانا لامعة حين تتعرض لمنبع ضوئي، مما يتيح رؤيتها بالمجهر الضوئي العادي. ولهذه المواد تطبيقات عديدة، سواء في مجال البحث والتطبيق أو في صنع الأدوية أو إنجاز تشخيصات سريعة أو تحليلات جينية. وقد توصل

باحثون من جامعتي بيركلي وMIT إلى صنع بلورات من هذا النوع تتكـــون مـــن عدد قليل جدا من الذرات، بحجم يرتبط مباشرة باللون الذي تتخذه. ويتراوح طـــول الأمواج الضوئية التي تبثها هذه البلورات بين الأشعة ما فوق البنفسجية والأشعة ما تحت الحمراء، أي أنها تغطي الطيف المرئي كله، مع شريط بث ضيق يتيح تَعَرُّفَ كلٍّ حالة على حدة. فجزيءٌ حجمُه جزءان من مليار من المتر سيبث أشعة خضراء يانعة، في حين سيبث جزيء حجمه خمسة أجزاء من المليار مـــن المتـــر أشـــعة حمراء قانية. ومعنى ذلك أن مثل هذه المواد ستبث أشعة تملأ ما بـــين البنفســـجي والأحمر، مرورا بالأزرق والأخضر والأصفر والبرتقالي. من هنا نفهم أهمية هذه الجزيئات الدقيقة، إذ إننا لو استطعنا أن نمنحها خاصية قابلية الالتصاق، لاســـتطعنا أن نلصق بها جزيئات مختلفة من مثل البروتينات أو أجزاء من حمض ADN، مما يتيح تتبع هذه المواد في مسارها البيولوجي داخل الخلايا، واعتمادها فـــي إجـــراء مجموعة اختبارات موثوق بها وغير مكلفة وسريعة وقابلة للاندراج على توازٍ في آلات تتولى قراءتها أوتوماتيكيا، حيث يمكن على ســـبيل المثـــال اكتشـــاف عـــدة فيروسات مختلفة في الدم في وقت واحد، وهو ما من شأنه أن يخفض إلى حد بعيد من تكاليف المواد المستعملة في إجراء التفاعلات، وأن يخفف كثيـــرا مـــن تعقيـــد الإجراءات التقنية المتبعة حتى اليوم.

يتمثل هدف الباحثين في مجال المواد الذكية في التوصل إلى صنع حواسيب بيولوجية تعمل بحمض ADN ومجهزة بذاكرات كتلية تستعمل بروتينات حساســـة للضوء. وقد كان Léonard Aldeman من جامعة كاليفورنيا رائد فكرة الإعلاميات القائمة على حمض ADN، إذ أطلق هذه الفكرة عام ١٩٩٤، في مقال شهير يشرح فيه كيفية استعمال طريقة مخبرية بيولوجية من أجل حل مشكلة رياضية كلاسيكية، من مثل تنظيم خط سير تاجر مسافر يعبر سبع مدن دون أن يعاود عبور أية واحدة منها من جديد. وقد نجحت مختبرات عالمية عديدة في إعادة إنتاج تقنية Aldeman البيولوجية الإعلامية بالاعتماد على البيولوجيا الجزيئية وعلـــى وســـائل أنزيميـــة.

فأجزاء الحمض تحتوي عناصر خاصة ومحددة، مثل الشفرات الكيميائيـــة، تقابـــل شفرات المدن في مثالنا، ترتبط بعضها ببعض على تواز في أنابيب الاختبار، وذلك في زمن قصير جدا، فتأتي بالحل للمشكلة. ولما كان استخراج مقـــاطع جزيئـــات الحمض المحتوية على حل المشكلة المطروحة، وكذا فرزهـــا وقراءتهـــا، لا تـــتم جميعا إلا عبر عمليات طويلة وروتينية، فقد اجتهدت كثير من المختبرات في إيجاد وسيلة لإنجاز تلك العمليات التقنية بطريقة آلية، بواسطة مختبرات مصغرة تعمـــل على سبيل التوازي. وستتيح الحواسيب الأحيائية معالجة ســـريعة لمســـائل شـــديدة التعقيد، غير أنها ستبقى دون شك مكملة للإعلاميات التي تستعمل أنصاف النواقـــل أو الاليكترونيات الجزيئية.

وقد يضحي من الممكن استعمال بروتينات طبيعية كذاكرات كتلية لحواسيب المستقبل البيولوجية. فبعض البروتينات اللاقطة للضوء يمكنهـــا أن تحـــول هـــذا الأخير مباشرة إلى إشارة، وهذا يعني أن يتكون ثنائي استقطاب dipôle كهربائي، وأن يصاحبه تغير في لون البروتين. ويجري خلال هذا التحـــول انتقـــال شـــحنة موجبة من داخل الخلية إلى خارجها، مما يمثل المبدأ الأساس آلية لاختزان الطاقـــة لدى البكتريا التي تستعمل ذلك البروتين. وهو مبـــدأ يمكـــن اســـتعماله لتخـــزين معلومات ومعطيات، حيث تمنح للحالين اللذين يكون عليهمـــا البـــروتين القيمتـــان المعهودتان في الإعلاميات، أي ١ و ٠، مما يسمح بتحويل مجموع جزيئاتـــه إلـــى ذاكرة كتلية. ويمكن أن تركب أشرطة عديدة منن هذا النوع على بعضها لتكـــوين ذاكرات بثلاثة أبعاد، يوفر حجمها الصغير سعة ذاكرة كبيرة جدا عن كـــل وحـــدة حجم.

يمكن أن نتصور في المستقبل تقنية تتيح المزاوجة بـــين أنظمـــة لمعالجـــة المعلومات تعمل انطلاقا من الجزيئات، بمواد مكثفة تكون أساسا لأنســـجة ذكيـــة. حينها سيصبح من الممكن للإنسان أن يحمل على ظهره حواسيب تتيح لـــه أنظمـــة الاتصال المرتبطة بها أن يتفاعل مع محيطه ومـــع الشـــبكات التـــي تحـــيط بـــه.

واختصارا فإننا اليوم بصدد الانتقال من عصر الحاسوب والهاتف المحمولين إلى عصر الحاسوب والهاتف الملبوسين. ولا عجب، فما الداعي إلى الاستمرار في تصغير الدارات الاليكترونية القوية الداخلة في تركيب حاسوب الجيب أو الهاتف المحمول، عوض الاتجاه نحو زرعها في ملابس الشخص نفسها؟ هذا هو المبدأ الذي اختارته المختبرات العاملة اليوم في محاولة تصنيع ما يدعونه بالحواسيب الملبوسة werable computers. فأدوات الاتصال ستكون في المستقبل محمولة في اتصال مباشر مع الجسم ومتفاعلة معه عبر مساحات التقاء.

هكذا، وبفضل ما كنا منذ ١٩٨١ ندعوه باسم البيوتيك، زواجا بين الإعلاميات والبيولوجيا في المواد الذكية، سيدخل الإنسان في مرحلة تكافل وتعايش مع شبكات المعلومات التي استنبطها من جسمه. وبتعبير آخر فإن هناك جهازا عصبيا عالميا في طور النشوء، سيحل منه الأفراد محل الخلايا العصبية من الجهاز العصبي البيولوجي. وسيكون على الإنسان أن يعرف كيف يعيش في وئام مع هذا الجسم العالمي الذي خلقه، وإلا حكم على نفسه بأن يخضع لهيمنة "الأخ الكبير" على المستوى العالمي.

مراجع

- ALDEMAN (L.), « Molecular computation of solutions of combinatorial problems », *Science*, 11 novembre 1994, 266, p. 1021-1024.
- LANGER (R.) et coll., « A Controlled-release Microchip », *Nature*, 28 janvier 1999, 397, p. 335-338.
- REED MARK (A.) et coll., « Conductance of a molecular junction », *Science*, vol. 278, 10 octobre 1997, p. 252-254.
- ROSNAY (J.) DE, *L'Homme symbiotique, regards sur le 3e millénaire*, Paris, Seuil, 1995 (nouvelle édition, septembre 2000).
- ROSNAY (J.) DE, « Biologie et informatique : l'entrée dans l'ère des machines moléculaires », *Biofutur*, juin 1984, p. 7-9.
- ROSNAY (J.) DE, « Les biotransistors : la microélectronique du XXIe siècle », *La Recherche*, n° 124, vol. 12, juillet-août 1981, p. 870-872.
- ROSNAY (J.) DE, « La biotique : vers l'ordinateur biologique ? », *L'Expansion*, 1er-21 mai 1981, p. 149-150.
- RUBINSKY (B.) et HUANG (Y.), « A microfabricated chip for the study of cell electroporation », *Biomedical Engineering Laboratory, Department of Mechanical Engineering, University of California*, Berkeley CA 94720, février 1999.
- Tour JAMES (M.) et REED MARK (A.), « Computing with molecules », *Scientific American*, juin 2000.

المجلطات والمسبخات(٧)

بقلم إيف موتو
Yves MOTTOT

المجلطات والمسبخات متفاعلات كيميائية réactifs تمثل تطـور الكيميـاء خلال النصف الثاني من القرن العشرين، وهو تطور طَبَعه الانتقال من حال كيمياء الرفاهية إلى حال كيمياء الاختصاصات.

في الحالة الأولى، يهدف الصناعيون أساسا إلى تخفيض كلفة إنتاج جزيئات الكيمياء المعروفة باسم "الكيميـاء الثقيلـة" chimie lourde، مـن مثـل حمـض الفوسفوريك أو الكبريتيك، وحجر الجير أو كربونات الصودا، والإيثـانول وغيـر ذلك من المواد التي تصنع بكميات وافرة ودون تمييز في النوعيـة بـين صـانع وصانع. في مستوى السعر هذا، كثيرا ما تُستعمل المادة المعنية كمتفاعل في نسـق مهيأ للتكيف مع خصائص المادة المعنية وإكراهاتها. فعلى سبيل المثال، سـنجد أن تجهيزات معمل يستعمل حمض الكلوريدريك تكون كلها مختارة بحيث تقاوم التآكل الذي يسببه هذا الحمض.

أما في الحالة الثانية، فإن المواد تُصنع "علـى المقـاس"، كـي تسـتجيب لمتطلبات دفتر تحملات دقيق متعلق بتطبيق معين. فمادة السيليس أو رمل الصوان الداخلة في تركيبة معجون الأسنان مثلا ليست هي نفسها التي يستعملها الصـانعون في تركيب الخرسانات ذات الكفاءة العالية.

وكما يحدد دفتر التحملات الإنجازات التقنية المنتظرة من المادة المصـنعة، فإنه يحدد كذلك الإكراهات التي تتعرض لها التجهيزات، ومعايير سلامة العاملين،

---

(٧) نص المحاضرة رقم ٢٧٩ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٥ أكتوبر ٢٠٠٠.

والأثر المرتقب حدوثه في البيئة. فإذا اعتبرنا حال المجلطات والمسبخات الصناعية، سنجد أن هذا الانتقال يجري عبر استعاضة تدريجية بمركبات مثل بوليكلورور الألمونيوم أو المواد المكثفة القابلة للذوبان في الماء، عن مركبات تقليدية مثل سولفات الألمونيوم وكلوريدات الحديد.

لا تفتأ كيمياء الاختصاصات في تطور مستمر، لأن تطبيقات المواد المصنوعة تتطور بسرعة. ففي حال معالجة المياه مثلا، وهي أهم تطبيقات المجلطات والمسبخات، فإن هناك مجهودات كبرى يتعين القيام بها دونما انقطاع، للاستجابة لمتطلبات الجودة التي تزداد صرامة في كل يوم عن سابقه تحت تأثير الإكراهات البيئية. وتتيح الدراسات المنجزة في مختبرات البحث اكتساب معرفة دقيقة بالظواهر الفيزيائية الكيميائية التي تتحكم في اشتغال المواد المصنوعة، وبالتالي تكييف خصائصها مع تطورات التطبيق المعني.

ما التجلط وما التسبخ؟

التجلط هو مجموع الظواهر الفيزيائية الكيميائية التي تدفع بمكونات محلول معلق ثابت – وهي مكونات دقيقة تدعى الكولويدات – إلى الانفصال عن بعضها لتعطي مادتين مختلفتين. فاللبن الحليب على سبيل المثال هو مستحلب ثابت يتكون من كريات دهنية عائمة في محلول مائي. فإذا أضيف إليه أنزيم المجبنة présure مثلا، فإن مكوناته سوف تنفصل عن بعضها لتعطي جليدا من اللبنين (أو الكازيين) هو اللبن الرائب، وسائلا يسبح فيه هذا الجليد، هو المصالة. ونقول عندها إن اللبن قد راب.

أما التسبخ (أو التندف)، فهو مجموع الظواهر الفيزيائية الكيميائية التي تدفع بمكونات مزيج ثابت إلى التجمع كي تُكَون نُدَفاً. وهذا التحول قابل للانعكاس، بمعنى أنه يمكن إرجاع المزيج إلى حاله الأولى، عبر خضه خضا عنيفا على سبيل المثال.

والحق أن عمليتي التجلط والتسبخ عمليتان مرتبطتان ببعضهما ارتباطا لا انفصام في غالب الأحيان معه. فالتجلط حين يخفض من قوة التنافر بين المكونات العائمة، يسهل عملية التقارب بينها لتشكيل تراكمات، والتسبخ حين يسمح بنمو تلك الكتل التراكمية، يسرع من عملية انفصال المكونات العائمة عن السائل الذي تسبح فيه.

تطبيق بالغ الأهمية: معالجة المياه

عديدة هي التطبيقات الصناعية التي تعتمد التجلط والتسبخ، وقد ذكرنا منها عملية فصل اللبنين عن مصالة اللبن، وهي من أوائل الخطوات في كثير من الصناعات الجبنية. وفي القطاع الغذائي دائما، نذكر استعمال التجلط والتسبخ في ترويق بعض المشروبات كالنبيذ والجعة. ونذكر من قطاع صناعي آخر ما تستعمل له المجلطات والمسبخات في تثبيت الملونات المعدنية المانعة للشفافية بين ألياف السليلوز في صناعة الورق.

غير أن أهم تطبيقات المجلطات والمسبخات على وجه الإطلاق هي معالجة المياه. فمياه الجداول والمجاري والمياه المستعملة في الصناعات تحتوي كلها على مكونات هي سبب ما ينبعث من تلك المياه من روائح وما يعتريها من كدر، بل وحتى ما قد يكون فيها من سُمِّية، وهي مكونات تكون على شكل مواد عالقة في السائل أو كولويدات أو مواد ذائبة. فأما المواد العالقة فهي جسيمات من مادة صلبة معدنية (من رمل وطين وهيدروكسيدات معدنية وغيرها) أو عضوية (كالأحماض الكيميائية والنهرية والمتفاعلات المستعملة في الأنشطة الصناعية والمواد المتخلفة عن تلك الأنشطة وغير ذلك)، وكذا أجسام حية مجهرية (من طحالب وبكتريا وغيرها) يتجاوز حجمها جزءا واحدا من مليون من المتر بقليل.

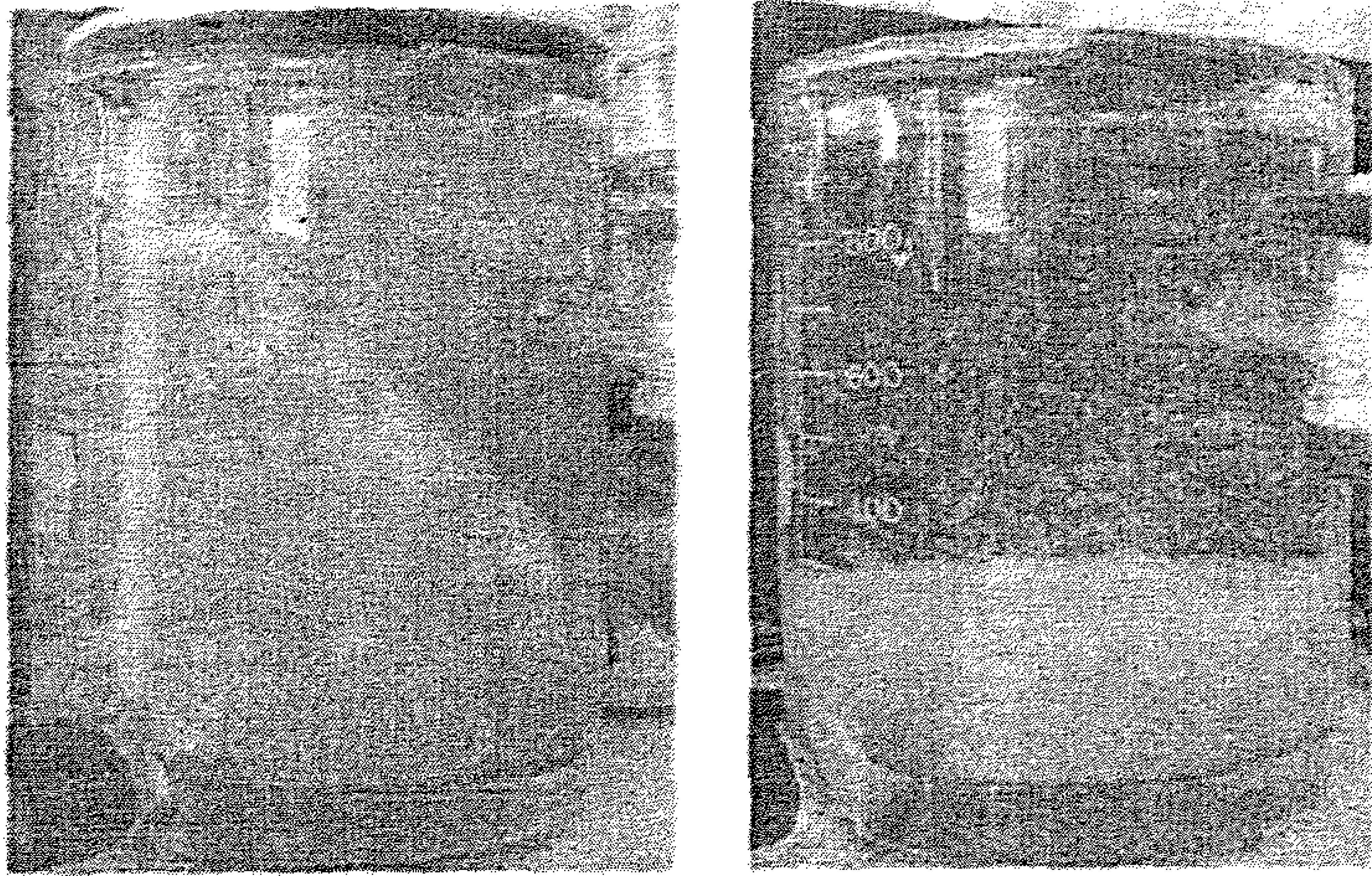
وأما الكولويدات، فهي أجسام من طبيعة المواد العالقة، لكنها أصغر حجما (من جزء من مليون إلى جزء من مليار من المتر)، ومن خصائصها أنها لا تترسب.

وأما المواد الذائبة فهي جزيئات صغير الحجم (أقل من بضعة أجزاء من المليار من المتر)، من أيونات موجبة وسالبة، ومركبات معدنية، وغازات ذائبة. وهذه المواد الذائبة لا تستطيع التقنيات التقليدية فصلها عن الماء.

وتستعمل المجلطات والمسبخات في معالجة المياه لأجل تجميع المواد العالقة والكولويدات لزيادة حجمها تسهيلا لفصلها عن الماء. ومعلوم أن معالجة المياه، وبخاصة ما هو موجه منها إلى الاستعمال المنزلي، أمر يتطلب القيام بعمليات كبرى، إذ ليس في الصناعات والأنشطة الرمية إلى الفصل بين المواد ما يستدعي الاشتغال على كميات بهذا الحجم. لذلك كان من الضروري التوفر على تقنية فعالة ومأمونة، بالنظر إلى ما ينتظره المستهلك من جودة في نوعية المياه ومن دوام لتلك الجودة.

ورغم أنه قد جرى تطوير تقنيات حديثة في تصفية المياه، تقوم على أنظمة من الأغشية، فإن تقنيتي التجلط والتسبخ تبقيان أرخص التقنيات الفيزيائية الكيميائية المتوفرة حتى اليوم، قياسا إلى حجم الأجسام المفصولة عن الماء. والترسب أقل وسائل الفصل بين المواد استهلاكا للطاقة. لكن أحدث التقنيات المتوفرة اليوم تتطلب حدا أدنى من سرعة الترسب مقداره متر في الساعة، وهو رقم إذا طبقنا عليه قانون Stokes (الذي ينص على أن جسيمة مستديرة معزولة تترسب في طبقات مائع معين، تبلغ في سقوطها سرعة س٠ متناسبة طردا مع قطرها) وجدنا أنه يقابل سرعة ترسب جُسيمة من الرمل قطرها ١،٧ من المليون من المتر، تترسب في ماءٍ حرارتُه عشرون درجة. ومعنى ذلك أن هذه التقنيات لن تفيد في عزل أجسام مثل البكتريا المنفردة (سرعة ترسبها نحو خمسين سنتيمترا في الساعة لا تزيد)، ناهيك عن الفيروسات التي قد يحتاج بعضها إلى سنة كاملة كي يقطع مترا واحدا في ترسبه ! أما التجلط والتسبخ فتمكن من تجميع هذه الجسيمات الكولويدية في ندف يتراوح حجمها بين مائة جزء من المليون من المتر وبضعة مليمترات، ذات كثافة كافية لجعلها تترسب بسهولة وسرعة (انظر الشكل ١).

وأما المجلطات المستعملة فهي أملاح من الألمونيوم أو الحديد قابلة للتحلل المائي، أو مواد مكثفة عضوية.غير أن الظواهر الفيزيائية الكيميائية التي تتدخل في هذه العملية لا تزال غير معروفة جيدا، وذلك ما يجعل كثيرا من المختبرات تعمل دون انقطاع على الرفع من فعالية هذه المواد والتحسين من طرائق استعمالها.



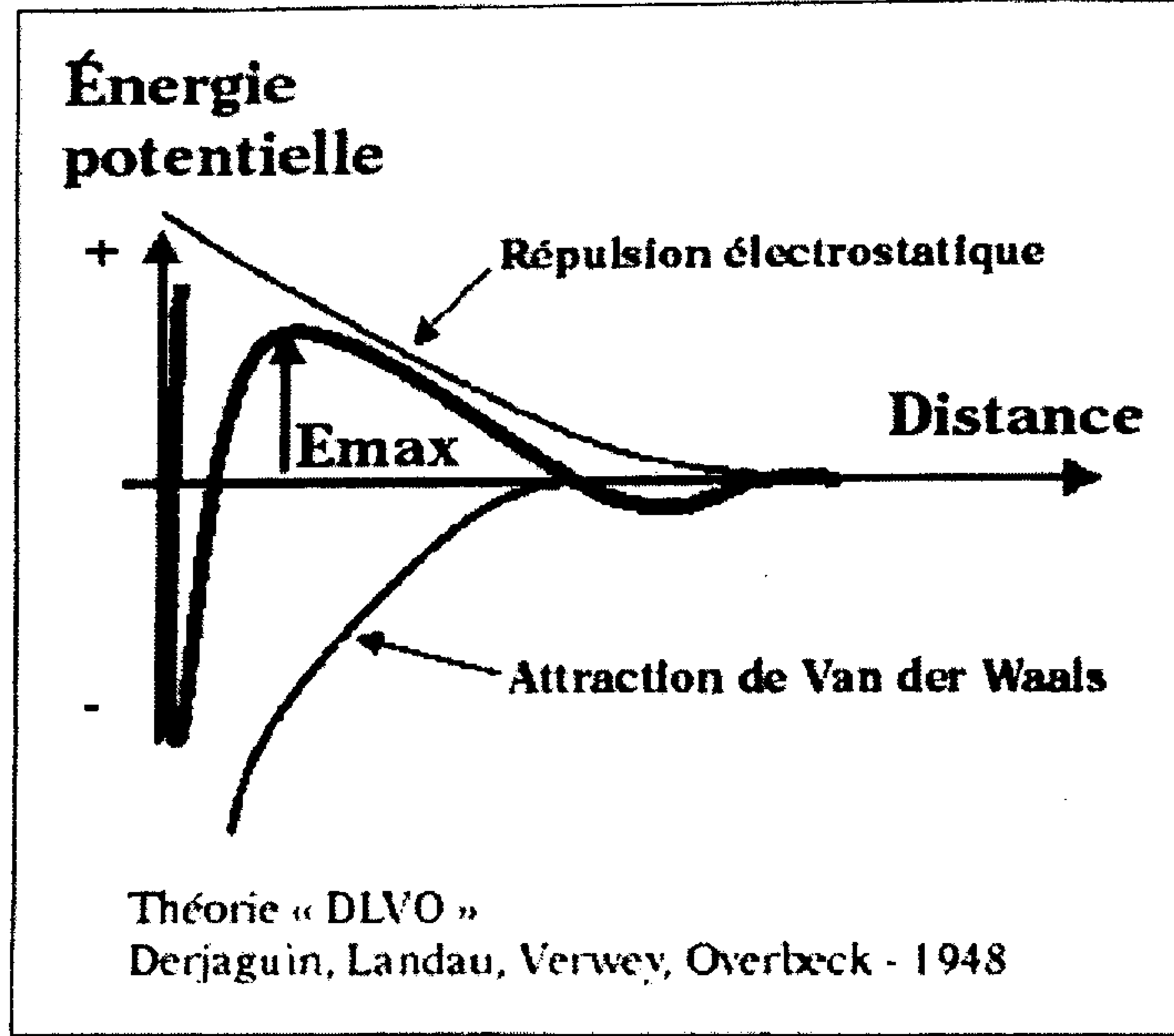
تجربة مخبرية: اختبار تجلط وتسبخ (Jar tests) في معالجة مياه متخلفة عن نشاط صناعي

جوانب نظرية: استقرار المستحلبات الكولويدية

تكون الجسيمات العالقة في الماء معرضة لقوى متضاربة تختلف باختلاف المسافة بين كل جُسيم وغيره من الجسيمات. ومقدار الطاقة التفاعلية الكامنة بين كل جسيمين هي مجموع طاقة van der Waals التجاذبية وطاقة التنافر الكهربائية الساكنة المرتبطة بالشحنة السطحية في الكولويدات. وفي وسط تكون نسبة الحموضة pH فيه مثل نسبتها في ماء سطحي طبيعي (أي ما بين ٥ و٨)، فإن سطح الكولويدات يكون حاملا لشحنات سالبة (انظر الشكل ٢).

حين تتقارب الجسيمات تحت تأثير حركة براون (وهي الحركة الطبيعية للجسيمات بسبب الاهتياج الحراري) أو بفعل خض شديد للسائل، فإن الشحنات الكهربية التي كانت على البعد شبه منعدمة تصبح على القرب سالبة، مما يجعل الجزيئات تتجاذب فيما بينها. ثم تصبح القوى الكهربائية الثابتة أقوى أثرا، فتتنافر الجسيمات. وتبلغ طاقة التنافر هذه حدها الأقصى عند مستوى يقابل طاقة التنشيط، أو "حاجز الطاقة" الذي يدعونه اختصارا Emax. ويكون النسق أكثر استقرارا كلما كانت قيمة Emax أعلى. فإذا ما أفلحنا في تجاوز هذا الحد، فإن القوى التجاذبية تعود إلى الهيمنة على غيرها من القوى، مما يؤدي إلى التجلط. ولا بد من أجل التوصل إلى ذلك من رفع درجة حرارة الماء حتى تكون الطاقة الحركية في الجسيمات أكبر من Emax، وإلا فالتوصل إلى الخفض من علو حاجز الطاقة.

ولما كانت الطاقة اللازمة كبيرة جدا بالنظر إلى كميات المياه الواجب معالجتها، كان من الأفيد البحث عن وسيلة للخفض من مقدار Emax عبر إضافة شحنات موجبة قمينة بأن تحيّد الشحنات السطحية، إذ تلتصق بالمساحة الخارجية من الجسيمات.



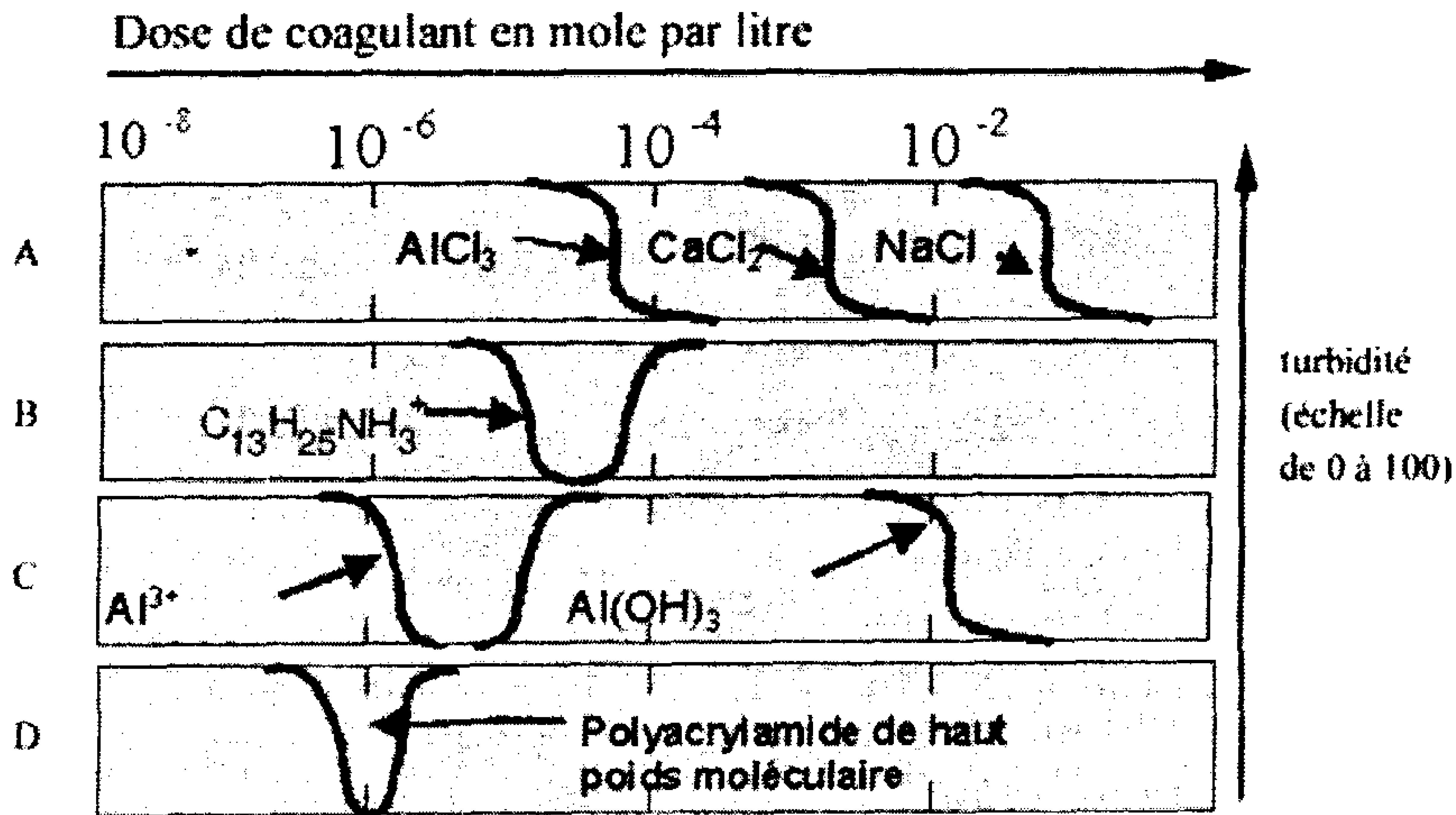
التجاذب والتنافر بين الجسيمات

من الممكن قياس فرق الجهد بين جوار جسيم معين وبين السائل الذي يسبح فيه الجسيم، وذلك بواسطة آلة تدعى Zêtamètre، تقيس ذلك الفرق عبر مراقبة نزوح الجسيمات تحت تأثير حقل كهربائي. فالجسيمات تنطلق في حركتها بسرعة تتزايد حتى تقف عند حد يمثل التوازن ما بين قوة الجذب الكهربائية وقوة الاحتكاك الناتجة عن لزوجة المحيط الذي تتحرك فيه. ولا يرتهن قياس فرق الجهد هذا – ويعرف باسم جهد zêta أو الجهد الكهربائي الحركي – بحجم الجسيمات، بل إنه يميز مدى استقرار الجسيمات الكولويدية، حيث كلما كانت قيمته المطلقة مرتفعة كلما كان النسق أكثر استقرارا.

كيف تعمل المجلطات والمسبخات ؟

لا تترسب الجسيمات الكولويدية العالقة في المياه الطبيعية، وذلك بسبب صغر حجمها. كما أنها لا تتجمع مع بعضها، بسبب غلبة قوى التنافر الكهربائية على قوى التجاذب. وينبغي لأجل تسهيل فصل الكولويدات عن الماء العمل أولا على زعزعة استقرار الجسيمات العالقة، وذلك عبر تحييد جهد zêta (وهي مرحلة التجلط)، ثم زيادة حجم الندف الناتجة عن التجلط (وهي مرحلة التسبخ).

هناك وسائل عديدة يُتوصل بها إلى زعزعة استقرار الكولويدات (انظر الشكل ٣)



وسائل زعزعة استقرار مستحلب من الصلصال kaolinite

فإذا أضفنا كميات متزايدة من أيونات الصوديوم +Na أو الكالسيوم +Ca2 أو الألمنيوم +Al3 إلى محلول عالق من الصلصال (مع مراعاة أن يكون الوسط حمضيا بما يكفي للحيلولة دون تحلل الألمنيوم في حال استعماله)، فإننا سنلاحظ، عند بلوغ تركيز معين من الأملاح، أن نسبة الكدر في السائل تنخفض فجأة (الحالة أ). ويختلف هذا الانخفاض باختلاف نوع الأيونات المستعملة وتركيزها، لكنه غير

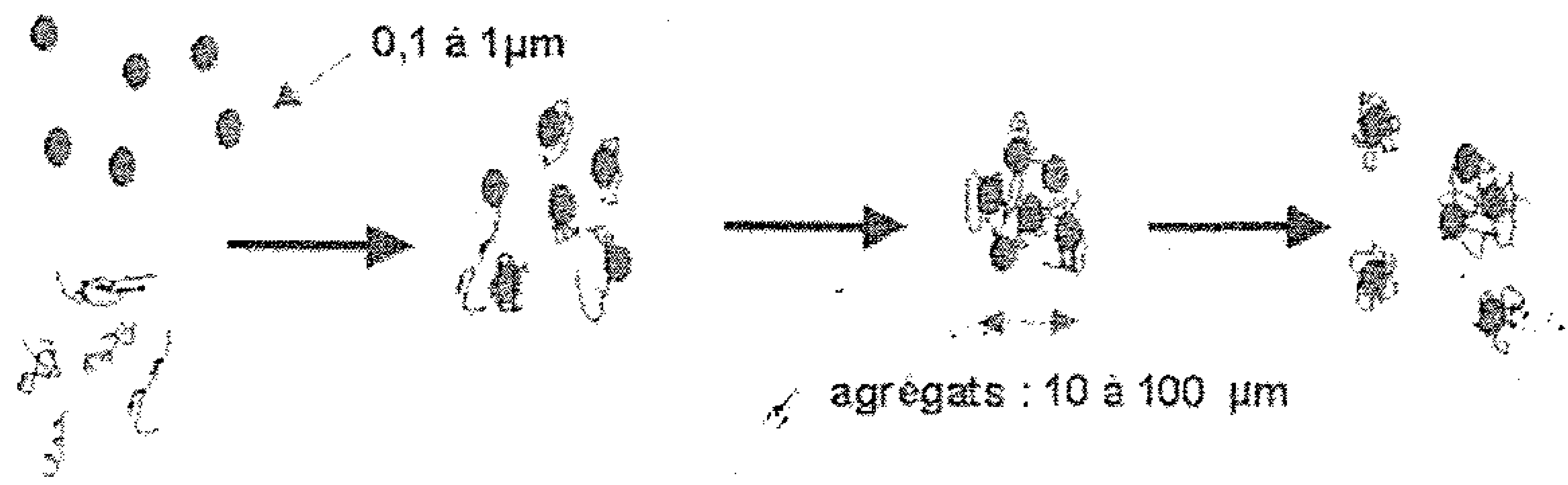
ذي علاقة بتركيز الكولويدات في السائل. فالأيونات تعمل على تحييد الشحنات السطحية في جسيمات الكولويدات، مما يتيح تَقارُب هذه الجسيمات وتَجَمُّعَها. ونظرا إلى اختلاف التكافؤ بين العناصر، فإن المفعول المجلط في الألمنيوم ذي الشحنة المثلثة أقوى بعشر مرات من مفعول الكالسيوم، وأقوى بنحو سبعمائة مرة من مفعول الصوديوم.

وتكون زعزعة استقرار محلول الصلصال العالق أقوى أثرا حين تجري عبر امتزاز ملح ألمنيوم على سطح الكولويدات (الحالة ب). وتختلف النتيجة الملاحظة في هذه الحال اختلافا بينا عما يقع عند إضافة أيونات من الصوديوم، وخاصة ما تعلق بالكدر الذي يمكن التحكم في زيادته أو نقصانه، حيث يكفي لأجل ذلك تغيير مقادير الأيونات تبعا لتركيز الكولويدات. فالشحنات الموجبة الأولى تحيد نظيرتها السالبة الموجودة على سطح الكولويدات، فتتقارب هذه فيما بينها ويصبح النسق غير مستقر، فإذا زادت كمية الألمنيوم المضافة إلى الخليط عن ذلك اكتسبت الجسيمات شحنة موجبة فعادت تتنافر فيما بينها، وعاد إلى النسق استقراره.

أما الشكل الذي يقابل الحالة (ج)، فيبين النتيجة التي تترتب على إضافة كميات متزايدة من أيونات Al^{3+} في ظروف حموضة تجعل الألمنيوم يتحلل، حيث نرى المنحنى يرسم منطقة تجلط أولى يليها استقرار للمحلول المعلق. فإذا ما واصلنا إضافة ملح الألمنيوم فسنلاحظ أن النسق يفقد استقراره مجددا، حيث إن تَمَيُّه أيونات الألمنيوم يؤدي إلى تكون مركبات متتالية، من أيونات ملتحمة ذات شكل خطي أو متفرع أو حلزوني، يَزيدها تكثفا أننا نقترب حينذاك من مرحلة ترسب هيدروكسيد الألمنيوم.

وأما الحالة (د)، فتبين أثر إضافة محلول من مادة مكثفة ذات شحنة موجبة وكتلة جزيئية كبيرة، في استقرار محلول معلق من الصلصال. ونلاحظ هنا أيضا أن زعزعة الاستقرار قابلة للانعكاس، وأن منطقة هذه الزعزعة ضيقة بعض

الشيء. وذاك أمر مهم عند التطبيق العملي، لأنه يدل على ضرورة تفادي إضافة كميات زائدة عن اللزوم من المادة المكثفة عند المعالجة بالتجلط. فعلاوة على الدور المعروف المتمثل في تحييد الشحنات السطحية في الجسيمات، فإن الجزيئات الكبيرة تتمدد بعد ذلك لتقيم روابط بين الجسيمات تشدها إلى بعضها، مما يجعل من هذه المواد المكثفة مجلطات أعلى كفاءة من أملاح الألمنيوم. غير أنه إذا كانت درجة الالتحام أعلى مما يجب، فإن الجزيئات تلتف على الجسيمات فلا يبقى هناك مجال لمد الجسور فيما بينها. حينها نلاحظ أن النسق يعود إلى الاستقرار. ومعنى ذلك أن المقدار الأمثل من المادة المكثفة يكون متناسبا مع تركيز الكولويدات في السائل المراد معالجته. غير أن منطقة المقدار الأمثل ضيقة، وهو ما يمثل، بالإضافة إلى غلاء السعر، أهم عيوب المواد المكثفة (شكل ٤).



تسبيخ بواسطة مواد مكثفة قابلة للذوبان في الماء

معطيات حركية لا غنى عنها لإقامة منشئات لمعالجة المياه

نتيجة للكميات الكبيرة من المياه التي يجب معالجتها، وخاصة خلال فترات الزيادة الكبرى حين تكون هناك أمطار غزيرة، فإن تجهيزات المعالجة غالبا ما تكون في غاية الضخامة. لذلك فإن من الضروري التوفر على معطيات حركية حقيقة لمن أراد بناء أحواض للمعالجة بالمقاييس الصحيحة.

أما مرحلة التجلط، أي التحام الأيونات الموجبة بالجسيمات وتحييد الشحنات السطحية في هذه الأخيرة، فهي عملية فيزيائية كيميائية سريعة جدا، تجري في أقل من ثانية واحدة. وهي عملية رهينة أساسا بشحنة الأيونات الموجبة وقبلَها تركيزُ الجسيمات العالقة في الماء. لكن الصعوبة التقنية الأساس تتمثل في بث تلك الأيونات في الماء وتوزيعها فيه بطريقة منسجمة، مما يجعل من اختيار نقاط الحقن بالأيونات أمرا جوهريا في بناء منشئات المعالجة.

بعد مرحلة التجلط، يمكن لبعض الجسيمات بالغة الدقة السابحة في الماء أن يلتقي بعضها ببعض تحت تأثير حركة براون المذكورة سالفا. خلال مرحلة التجمع هذه المعروفة باسم "المرحلة حول الحركية" Péricinétique، يكون التغير في عدد الجسيمات متناسبا مع مربع تركيزها، وتزيد سرعة هذا التغير بحكم ارتفاع الحرارة وضُعف اللزوجة. ورغم أن هذه المرحلة مستقلة نظريا عن سرعة الخض، إلا أن الخض الشديد يبقى ضروريا لبث المتفاعلات في الماء بطريقة متجانسة، وخصوصا عند استعمال المواد المكثفة. وتستمر هذه المرحلة حسب المادة المستعملة بضع عشرات من الثواني.

حين تتجمع الندف أخيرا، فإن احتمال الاصطدام فيما بينها يصبح ضعيفا، وتضحي حركية العملية رهينة بانخفاض السرعة الناتج عن طاقة الخض. حينها نكون قد انتقلنا إلى مرحلة "التسبيخ الحركي المتناسق" أو الأرتوحركي orthocinétique.

في محلول معلق متجانس، تكون سرعة التسبيخ الأرتوحركي متناسبة مع تناقص السرعة الحركية ومربع تركيز الجسيمات ومكعب حجمها.

ومن الممكن تحديد القدر الأمثل من الخض بما يزيد من تناقص السرعة الحركية دون كسر ولا تمزيق الندف التي تصبح أكثر هشاشة كلما زادت حجما. فالخض الذي يكون ضروريا خلال ١٠ إلى ٣٠ دقيقة للتسبيخ، يصبح أدنى سرعة

بكثير حين التجلط. وحركية العملية في مجملها رهينة بهذه المرحلة البطيئة المتمثلة في زيادة حجم الندف عبر اصطدام الجسيمات بعضها ببعض.

المنتجات التجارية

المتفاعلات الداخلة في التجليط مواد ذات أصل معدني (أملاح ألمنيوم أو حديد)، ومواد مكثفة طبيعية أوصناعية. والمواد المكثفة أغلى ثمنا من المجلطات المعدنية، لكنها تستعمل بكميات قليلة، مما يوازن الفرق في الثمن. وهناك مصانع عديدة في أوربا تصنع مجلطات معدنية تبيعها بما يتراوح بين ما يعادل نصف فرنك فرنسي وما يعادل فرنكين فرنسيين للكيلوغرام، في حين تباع المواد المكثفة ذات الأيونات السالبة بما بين ١٥ و ٣٠ فرنك فرنسي للكيلوغرام، ونظيرتها ذات الأيونات الموجبة بما بين ٢٠ و ٥٠ فرنك فرنسي للكيلوغرام. وتختلف الأسعار بطبيعة الحال باختلاف الكمية المطلوبة وشروط التعليب والنقل.

غالبا ما تدرج أملاح الحديد والألمنيوم تحت اسم المجلطات المعدنية، رغم أن بعضا منها، مثل أملاح الألمنيوم المكثفة، لها خصائص المسبخات. غير أنها أعلى المجلطات جميعها كفاءة، نظرا لاحتوائها على كثافة كبيرة من الشحنات الموجبة.

وأهم المنتجات المسوقة في هذا المجال هي كبريتات الألمنيوم وكلوريد الألمنيوم وألومينات الصوديوم، ومن الأملاح المكثفة بوليكلوريد الألمنيوم وبوليدلوريد كبريتات الالمنيوم.

ويبقى كبريتات الألمنيوم أكثر المواد استعمالا، غير أنه يفقد شيئا فشيئا مكانته لصالح مواد مكثفة معدنية أعلى منه كفاءة. وهو في عالم المجلطات والمسبخات خير مثال للمنتج الملائم، فهو رخيص الثمن، غير أنه ليس له قيمة مضافة تميزه. ولعل المعيار الوحيد الذي يمكن المفاضلة به بين المنتجات المختلفة

هو معيار النقاء. فقد تجد في السوق مواد تحتوي على كثير من الشوائب، لكن أغلب المنتجين الأوربيين يبيعون مواد ذات نوعية عالية تستجيب للشروط المطلوبة في معالجة مياه الشرب.

وتعمل المواد المكثفة المحتوية على الألمنيوم بطريقة التفريغ الكهربائي وعبر ربط الجسور بين الجسيمات في آن، وهي في عمومها بوليكلوروكبريتات polychlorosulfates ذات طبيعة قلوية، بنيتها الكيميائية العامة هي:



$$Al^{3+}+3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3+3H^+$$

هناك مواد لا تحتوي على كبريتات، هي بوليكلوريدات الألمنيوم القلوية. وهي وإن تكن أغلى ثمنا من غيرها، فإن استعمالها يتطلب كميات أقل، كما أنه يعطي ماء معالجا من نوعية جيدة جدا، ويضمن تماسكا أكثر للطين، وتركيزا أقل في مخلفات الألمنيوم. ويُنصح باستعمال هذه المواد على وجه الخصوص في معالجة المياه السطحية.

والمواد المسوقة في مجال معالجة المياه هي بالخصوص كلوريد الحديديك وكلوروكبريتات الحديديك وكبريتات الحديد. وهي كلها منتجات ملائمة، وليس هناك منها، عكس أملاح الألمنيوم، أملاح مكثفة ذات قلوية عالية. وأملاح الحديديك أعلى كفاءة من أملاح الحديد، لأنها تحمل قدرا أكبر من الشحنات.

وكما هو الحال بالنسبة إلى أملاح الألمنيوم، فإن مواد ملتحمة تظهر أثناء المعالجة، تكون رهينة بمقدار حموضة الوسط. والنتيجة أن الاستعمال المفرط لأملاح الحديديك يؤدي إلى اصطباغ الماء المعالج بلون الصدإ، وهو العيب الرئيس في هذه المواد.

أما المسبخات العضوية الطبيعية، فهي مواد مكثفة قابلة للذوبان في الماء، ذات أصل حيواني أو نباتي، وهي في الغالب غير متأينة، مما يجعل من السهل تغيير تركيبتها الكيميائية. ولما كانت كتلتها الجزيئية أخف من كتلة المواد المكثفة

المصنعة، فإنها تعد مسبخات ذات كفاءة عاليــة. وتكمــن أهميتهــا علـــى وجــه الخصوص في كونها "طبيعية" وغير سامة وقابلة للتحلل فـــي الطبيعـــة. وأكثرهـــا استعمالا النشا والطحلبينات alginates وبعض أنواع الصمغ. وهي تســتعمل فـــي الغالب لبعض أنواع المعالجة الخاصة، لأن غلاء ســعرها ونــدرتها قياســا إلـــى الكميات المطلوب معالجتها لا تؤهلها لأن تستعمل في معالجة مياه الشرب.

وأما المجلطات والمسبخات العضــوية المركبـــة، فهـــي بوليإليكترولينـــات polyélectrolythes قابلة للذوبان في الماء، ذات وزن جزيئـــي كبيـــر وشـــحنات مختلفة، يجري الحصول عليها عبر تكثيف مادة بسيطة الجزيئات أو تكثيف عـــدد من هذه المواد. وتعرض الشركات الصانعة عددا كبيرا من أنواع هذه المواد، تباع عادة على شكل مسحوق أو خليط معد للاستعمال، مما يعني أن الأمر يتعلق فعـــلا بكيمياء تخصصية (انظر الجدول ١).

ويمكن مقارنة تطبيقات هذه المجلطات العضوية بمثيلتها في حال الأمـــلاح المعدنية. والحق أن هذين النوعين من المواد يكملان بعضهما نظرا إلى اخـــتلاف أحجام جزيئاتهما، بحيث تكون النتائج أحسن ما تكون حين يُعتمد نظام يجمع ما بين الوسيلتين. واستعمال هذه المواد العضوية في معالجة مياه الشـــرب ممنـــوع فـــي فرنسا، نظرا إلى احتوائها على مواد بسيطة الجزيئات سامة.

Tableau 1. – Domaines d'application des floculants polymères synthétiques.

Domaine d'application	non ionique	Anionique			Cationique		
		faible	moyen	fort	faible	moyen	fort
Floculation argiles et schistes en milieu neutre			X				
Décantation des argiles				X			
Floculation silice					X		
Floculation en milieu acide	X	X					
Floculation en milieu salin	X	X					
Décantation en milieu basique				X			
Floculation de suspensions organiques coagulées par un produit minéral	X	X	X				
Décantation de boues activées						X	X
Conditionnement de boues organiques					X	X	X
Conditionnement de boues urbaines						X	X
Filtration de boues minérales			X	X			

مثال تطبيقي: المعالجة الكيميائية للمياه السطحية (ماء صالح للشرب)

قلما تكون المياه السطحية صالحة للشرب. ولئن كان الناس يعرفون من الملوثات النترات والفينول ومركبات الكلور السامة والبكتريا والفيروسات وغيرها، فإن هذه الملوثات كلها تكون موضع دراسة وتتخذ إجراءات مناسبة للقضاء على كل منها. على أن أكثر الملوثات وفرة ليست هي ما ذكرنا، بل هي الملوثات الترابية الناتجة عن تحلل النباتات، وهي التي تكون في الغالب مسئولة عن الطعم الرديء والرائحة المزعجة في ماء الشرب، والجسيمات المعدنية الدقيقة، وهي التي تتسبب في كدر الماء، ناهيك عن الهيدروكاربونات والزيوت وما إليها. وهناك معايير ثلاثة قابلة للقياس، تتيح معرفة تركيز مثل هذه الملوثات في الماء، هي اللون والكدر والطلب الكيميائي على الأكسجين (demande chimique en oxygène, ou DCO).

فبعد تنقية الماء وتعديل درجة حموضته، يجري حقنه بالمسبخ في حوض الترسيب. وعملية الخلط صعبة، وهناك أنواع عديدة من الخلاطات السريعة يمكن الاختيار فيما بينها. بعد ذلك يجري فصل الندف عن الماء بواسطة الترسيب أو التعويم. ثم يمر الماء عبر مصفاة رملية تحتجز بقايا الندف العالقة. والبقايا المتخلفة عن العملية بأجمعها مواد معدنية بالأساس، بسبب وجود هيدروكسيد الألمنيوم الناتج عن استعمال المجلطات، ويمكن التخلص منها بإلقائها في الوسط الطبيعي بين محطة المعالجة وبين المصب.

وغني عن الذكر أن المواد المستعملة في تطبيق "الماء الصالح للشرب" ينبغي لها أن تكون على درجة عالية من الجودة، وأن تستجيب لمعايير صارمة في هذا المجال.

مجهود لا بد منه في البحث وفي التطوير

غالبا ما يصعب أن يدلي المرء برأي قاطع في أفضلية هذه المادة على تلك، سواء في تنقية المياه أو في تصريف الطين، نظرا إلى كثرة المواد الموجودة في الأسواق؛ وأصعب منه الحسمُ في شأن المقادير اللازم استعمالها من هذه المادة أو تلك. فلا بد قبل ذلك من إجراء اختبارات وفحوصات مخبرية تنبئ بخير المواد وأصلحها للحالة المعنية. وينبغي أن يعاد إجراء تلك الاختبارات والفحوصات بطريقة دورية منتظمة، وبطبيعة الحال كلما اتضح أن هناك خللا في نظام المعالجة، كحدوث تغيير في نوعية الكولويدات العالقة في الماء الخام أو في تركيزها فيه. ومن جهة أخرى، فإن الأهمية البالغة التي تكتسيها مسألة كمسألة معالجة مياه الشرب، تستدعي بذل جهود متواصلة في البحث لإيجاد مواد جديدة – مثل المواد المكثفة الطبيعية القابلة للتحلل في الوسط الطبيعي، والمواد المكثفة الطبيعية ذات الوظائف المحددة وغير ذلك – وجهود أخرى مثلها في تطوير التطبيقات القابلة للتطوير، مثل تصريف الطين ومزاوجة هذه المواد بتقنيات قائمة على الأغشية.

ما نوعية الأنسجة التي ستتكون منها ملابسنا غدا ؟[^٨]

بقلم ميشيل سوتون

Michel SOTTON

موجات التجديد

لقد عرفت صناعة النسيج كيف تستفيد أمثل استفادة من التقدم التكنولوجي الذي حققته الصناعات المتصلة بها (من ميكانيكا وكيمياء وغيرها) للرفع من قدرتها التنافسية واقتراح منتجات جديدة ومجددة. وقد نالنا من هذه الحركية حتى اليوم موجتان كبيرتان من المنتجات النسيجية المجددة.

- أما أولاهما فرأت النور إبان العصر الصناعي (١٨٣٠-١٩٠٠)، الذي استفادت خلاله صناعة النسيج من المكننة والآلة البخارية والكهرباء، لتلقي إلى السوق بمجموعة من المنتجات المجددة التي كانت قيمتها المضافة تقاس بمدى كون الثوب نفيسا ثمينا أصيلا، وكذا بمدى مهارة صانعيه. لذلك فلا عجب أن يكون الحرير الطبيعي والصوف قد ركبا ظهر هذه الموجة الأولى انتشارا وتوزيعا.
- وأما ثانيتهما، فتقابل عصر الكيمياء، الذي أصبحت قيمة المنسوجات تقاس فيه بمقياس الخصوصيات المميزة للمنسوج ومدى استجابته لمتطلبات السوق التي لا تفتأ تزداد في كل يوم تعددا وتعقيدا. وقد حملت هذه الموجة أول ما حملت أوليات الأقمشة المنسوجة من ألياف صناعية حلت محل نظيرتها الطبيعية، تلتها الألياف ذات الخصائص المحسنة، ثم في زمن أقرب إلى زمننا ظهرت الألياف المصغرة microfibres التي دفعت بحدود النعومة إلى أبعد مما كان

---

(٨) نص المحاضرة رقم ٢٨٠ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٦ أكتوبر ٢٠٠٠.

يقف عنده الحرير، وأخيرا، وعلى قمة هذه الموجة، المواد ذات الخصائص الاستثنائية، من مثل المقاومة وغيرها من الإنجازات. وقد كان من ثمار هذا التحالف بين النسيج والكيمياء أن أتاح للصانعين أن يطرحوا في الأسواق أوائل المنتجات الوظيفية.

- وأما الموجة الثالثة، وهي التي انطلقت في أيامنا هذه مع بداية الألفية الثالثة، فهي التي ستغطي عصر المعرفة، حيث ستحمل لنا معها منتجات ذات حمولة معرفية كبيرة، وحمولة لامادية أكبر، وستطرح في الأسواق أنسجة خدماتية حقيقية. ولئن كان لا جدال في أن المهارة والموروث الفني والتكنولوجي سيحتفظان بما كان لهما من مكانة، فإن صناعة النسيج سيكون عليها مرة أخرى أن تبرهن على قدرتها على التطور مصاحبة لصناعات جديدة وشركاء جدد يحملون تطورا وتجديدا في المضمون وفي الشكل معا، مثل منتجات التجميل والصحة والاتصالات والإعلاميات، وعلى أن تستوعب في الوقت ذاته كل هذه التكنولوجيات الحديثة التي يظهر منها عدد عديد مع إشراقة كل صباح، مثل التقنيات الرقمية والتقنيات الأحيائية والتقنيات المصغرة وغيرها.

ولا شك أن هذه الموجة الجديدة ستضع المستهلك والإعلام في قلب المنتج. فالمستهلك لن يفتأ يزداد اطلاعا وإدراكا للفروق بين المنتجات (حتى في داخل تيارات التقليعات الكبرى)، وهو لذلك سيكون قادرا على الإفصاح عن مطالب أخرى، وعلى أن يخط بيده شروط دفتر التحملات الخاص بما يرتديه من ملابس.

أنسجة للرفاهية والراحة

سيأتي على النسيج عما قريب زمن لن تبقى المنسوجات تبدو لنا فيه مواد "ميتة"، إذ ستنفث فيها التكنولوجيات الحديثة شيئا فشيئا بعضا من حياة، دافعة بها من حال الجماد الميت إلى حال الجماد النشط ثم المتفاعل مع جسم اللابس، وأخيرا إلى اكتساب نوع من الذكاء يجعلها تتفاعل مع محيطنا ولربما تتدخل فيه لتغيره.

الأنسجة التجميلية

لا شك أن المستهلكين يحبون كثيرا هذه اللقاء الحميمي الجديد المدروس الذي يجدونه اليوم بين المنسوجات وبين جلد أجسامهم. وقد كان لموضة[٩] stretch إسهام في هذا التطور الحديث، بجعلها الثوب يلاصق الجسم حتى ليخاله الرائي جلدا ثانيا. وقد أتاحت المنسوجات الحديثة – بمساحتها النوعية surface spécifique التي تناهز ١٠٠ متر مربع للغرام الواحد، بل وربما زادت عن ذلك – أتاحت للنسيج أن يصبح بمثابة لحاء حقيقي للجلد يتيح له التفاعل مع محيطه. والنتيجة أن كثيرا من المستحضرات التجميلية التي يضعها المستهلك اليوم على جلده مراهم ودهونا وغيرها، قد تصل إلى الجلد غدا عبر ما يرتديه هذه المستهلك من ملابس.

التحدي اليوم إذن مفتوح بين صناعتي النسيج والتجميل، وقد ظهرت إلى اليوم في الأسواق ألياف ومنسوجات وملابس داخلية صيغت لتعنى بالبشرة حماية وعلاجا، وتبث في الجسم عبرها مواد تذيب الشحوم أو تشد العروق أو ترطب الخلايا أو تعيد البناء أو تمنع التجعد أو تتيح التنظيم الداخلي الذاتي أو تسقط الشعر من حيث يراد إسقاطه أو تمنع انبعاث الروائح أو غير ذلك مما تعج به مائدة المستحضرات التجميلية من أطباق متنوعة نافعة. بل إن من الممكن أن يتصور المرء في أسواق غد قريب تطبيقات لم يتسن لعالم التجميل التقليدي أن يعرفها من قبل. ذلك ما يفرض على الصانعين اليوم أن يجتهدوا في تصور منطقة التماس بين النسيج والبشرة، بما يتيح استيعاب كل هذه المعطيات الجديدة، والتي يزيد من تعقيد أمرها أنه سيتعين أن يكون بإمكان المرء استعمال أي منها شاء وقتما شاء، سواء أتعلق الأمر بتغيير درجة الحرارة أم الضغط أم الشفافية أم امتصاص الضوء أم غير ذلك من الخصائص). ولا شك أنه من الممكن جعل الألياف على دقتها مجوفة لتحمل ما يراد لها حمله من مواد تمد بها المساحة التي يلتقي فيها النسيج بالبشرة.

---

(٩) يتعلق الأمر بمنسوجات تجري معالجتها بطريقة تجعلها مطاطة في الاتجاهين الأفقي والعمودي. (المترجم)

ويبقى من الضروري بطبيعة الحال أن يقام على هذا التصور، فيما بين الصانع والمستهلك والمشرع، نسيج من الأدوات التي تصنع الثقة، من قبيل الاختبارات والمعايير والتسميات القانونية والشهادات، وغيرها مما يتيح إقامة الدليل على فعالية الوظيفة المطلوبة.

الأنسجة-الأدوية texticaments

من سياق ما أوردناه، يتضح أن الأنسجة النشطة ماضية في طريقها إلى أن تصبح جزءا من المواد شبه الصيدلانية أو الصيدلانية، مع ظهور الأنسجة-الأدوية التي تُلبس طلبا للعلاج. وفضلا عما نعرفه اليوم من مربعات علاجية لاصقة ومن أنواع الضمادات وغير ذلك من الأنسجة والأجهزة الطبية (كالأجهزة المساعدة على المشي والأعضاء الصناعية وغيرها)، فإن التعاون بين صناعتي النسيج والصيدلة سيتيح ظهور ألبسة من نسيج ذي خصائص طبية فعالة (من نحو الألبسة مانعة الألم أو مانعة الالتهاب أو مانعة التعفن أو غير ذلك من أنواع المعالجة). ولا شك أن ذلك سيستدعي التحكم من جديد في المساحات المشتركة interface وتطوير تقنيات لتثبيت الجزيئات النشطة عبر الزرع الجزيئي، وطرائق لتخزين الدواء في كبسولات متناهية الصغر، كما سيستدعي كشف الغموض عن بعض مظاهر العلاج القائم على ضبط النبضات chronothérapie وكذا القابلية الأحيائية وغير ذلك.

وغني عن القول أن الأنسجة-الأدوية ستخضع هي أيضا لما تخضع له باقي الأدوية من تجارب سريرية صارمة، ولكل الاختبارات الأخرى اللازمة، قبل أن يجري طرحها في الأسواق.

منسوجات صحية ومأمونة

يضع المستهلك شروطا لما يلبسه من ملابس، وهي شروط من ضمنها أنه يريد ملابس أكثر أمانا وحفاظا على الصحة وأمنا.

منسوجات مضادة للبكتريا

يَعد هذا النوع من المنتجات – وقد جرى بالفعل تجريبه تجاريا – بمستقبل باهر. وقد كان معهد النسيج الفرنسي سباقا في هذا الميدان، إذ قام بإجراء بحوث بقصد التوصل إلى تثبيت مواد مكثفة على سطح الألياف، تحمل في أطرافها جزيئات من مادة مضادة للبكتريا (من مثل الأمنيوم الرباعي مثلا أو مركب تريكلوسام)، مهمتها قتل كل ما يلامسها منها. ومن شأن هذه الطريقة الجديدة أن تتيح تفادي إعادة رش النسيج بالمواد المطهرة، وأن تجعله مضادا للبكتريا بشكل دائم.

وقد طور معهد النسيج الفرنسي كذلك مجموعة اختبارات تتيح التأكد من فعالية هذا الوظيفة.

هذه الفكرة التي تقوم على أنسجة قادرة على مقاومة البكتريا ومنعها من التكاثر، تجد تطبيقات عديدة ومتزايدة، حيث إنها ستمنع أنواعا من البكتريا المقيمة في بشرة الجلد من الانتقال إلى الملابس والتكاثر فيها مستفيدة من المواد الموجودة في العرق كما هو الحال اليوم. وعلاوة على الجانب الوقائي الصحي، فإن هذه المنسوجات سوف تتيح القضاء على الروائح التي تنبعث من نمو البكتريا في المنسوجات العادية.

ولا شك أن الأبحاث الجارية اليوم على مستويات أعمق، من أجل فهم طريقة عمل هذه المطهرات الصلبة في قضائها على البكتريا، من شأنها أن تكون مقدمة لأنواع متزايدة من هذا النوع من المنتجات النسيجية.

الأنسجة-الحواجز

كانت الألعاب الأولمبية التي شهدتها مدينة سدني الأسترالية مناسبة سلطت فيها الأضواء على الأنسجة المضادة للأشعة فوق البنفسجية، والتي جرى تزويد

الرياضيين بها لحمايتهم من ضرر تلك الأشعة في منطقة تدِق فيها طبقــة الأوزون كما نعلم حتى تكاد تختفي. وتتكون هذه الأنسجة – التي ضُمت خيوطها إلى بعض بما يكفي لتحقيق التظليل المنشود – من ألياف تحتوي على نسبة كبيرة من الخزف أو من مواد عاكسة تمنع مرور الأشعة الضارة وتمتص قدرا منها.

ولئن كانت الألبسة المصنوعة من هذه الأنسجة (من أنسجة مقاومة للشحنات الكهربائية أو للميكروبات أو الأجسام الدقيقة) تُطوَّر اليوم من أجل تلبيــة حاجــات الأفراد الذين يشتغلون في ظروف عمل تحتم عليهم وقايــة أنفســهم أو غيــرهم، كالعاملين في المختبرات وحجرات الجراحة وما شابهها، فإنها لن تلبث أن تُصرف إلى تطبيقات موجهة إلى الجمهور الواسع.

الأنسجة "الخالية من كل مادة ضارة"

بدا انتشار أوائل أنواع هذه الأنسجة – المانعة لكل ما من شأنه أن يسبب أية حساسية أو التهاب أو ما شابهه – بفضل الوعي المتزايد لدى الناس بفائدة بعــض الشهادات من مثل شهادة confiance textile التي يسلمها معهد النســيج الفرنســي للمنتجات التي تستجيب لمتطلبات هذه الشهادة.

الأنسجة المضيئة

في إطار موجة الألبسة الوقائية أو المراد منها أن ترسل وميضا أو لمعانــا يجعل من السهل رؤية لابسها، فإننا سنرى قريبا ظهور أقمشة مجددة يمكنها حسب الحاجة أن تنتقل من حال الإشارة الصامتة إلى حال الإشارة الفاعلة. فكل الحلــول المتوفرة اليوم تستدعي وجود مصدر خارجي للضوء (من نحو أضواء ســيارة أو أضواء كاشفة أو نحو ذلك). أما مع هذه المواد الجديدة، فسيكون بمقــدور لابــس الثوب أن يقرر في أي وقت يكون مرئيا، وبالدرجة التي يراها مناسبة.

فالألياف البصرية سيجري تحويرها بعض الشيء عن وظيفتها الأصلية، التي هي نقل الضوء من مكان إلى آخر، لجعلها تصدر ضوءا من جزء معين منها، ثم إدخالها في نسيج الثوب. أما الطاقة فيعول في شأنها على ما تحقق من تقدم في مجال تقنيات صنع البطاريات المصغرة، مما سيتيح تصنيع بطاريات خفيفة الوزن كبيرة الحمولة في آن معا، توفر الطاقة اللازمة للإضاءة دون أن تسبب أية زيادة في الوزن ولا ضيق في الحركة (شركة Dubar warneton).

الأنسجة الحساسة لتغيرات الجسم biosensoriels

سيشهد هذا النوع من الأنسجة بدوره تطورا كبيرا، لأنها تعمل في اتصال وانسجام مع المعطيات الحياتية الطبيعية. فالأنسجة ستضطلع في غد قريب بعدد متزايد من المهام العلاجية، من نقل للدواء إلى تخفيف للألم أو زيادة في قوة إحساس أو في مفعول منبه عصبي.

أنسجة الراحة confort

يُعد التبادل الحراري بين الجسم وبين المحيط الخارجي عملية معقدة بالغة التعقيد. فهذا التبادل الذي يهدف إلى إبقاء حرارة الجسم ثابتة عند ٣٧ درجة، يتضمن إنتاج الحرارة الاستقلابية التي تتحول إلى طاقة ميكانيكية (من حركات وغيرها) وقوة حرارية، ونقل الحرارة من داخل الجسم إلى سطح الجلد، وتبادل الحرارة مع المحيط الخارجي عبر التنفس وعبر الجلد. وهذا الشكل الأخير من أشكال التبادل هو الذي يهم صناعة النسيج بصفة خاصة. والأبحاث في هذا المجال تسير في تقدم، رغم الصعوبات التي يجدها الباحثون في أخذ المعطيات التي تتدخل في هذه العملية المعقدة جميعها بعين الاعتبار. فالدور الرئيس الذي تضطلع به الملابس في العادة هو تغيير التبادلات الحرارية والمائية بين الجسم والمحيط

الخارجي بما يريح الشخص الذي يرتديها، وذلك عبر خلق مناخ مصغر بينها وبين الجسم.

والذي اكتشفه الباحثون هو أن هناك بين الجسم واللباس طبقة من الهواء يتغير سمكها تبعا لمعطيات كثيرة، منها حالة الجسم نفسه (واقفا أو قاعدا أو ماشيا أو مضطجعا أو غير ذلك)، ونوع اللباس (من سمك وكثافة وسعة فتحات وغيرها)، والنشاط الذي يمارسه الشخص المعني. ومعلوم أن النشاط الجسدي يولد حركة هواء بين الجسم والملابس، مما يغير كثيرا من التبادلات الحرارية، ويزداد الأمر تعقيدا متى كان الشخص المعني يرتدي طبقات عدة من الأنسجة المختلفة. فانتقال الحرارة يتم داخل طبقات النسيج بطريقة التوصيل، في حين يتم انتقال الكتل البخارية عن طريق البث، والكتل السائلة عن طريق الانتشار. أما على سطح الجلد، فإن التبادلات تجري عبر:

- الحمل الحراري المباشر، حيث إن الثوب يكون دائما مثقبا، مما يتيح انتقال الكتل الهوائية حين يتحرك الشخص أو إذا كانت سرعة الهواء على السطح الخارجي كبيرة؛
- الحمل الحراري الجانبي، في الطبقة الهوائية بين النسيج والجلد، حين يتحرك الشخص فيدخل الهواء أو يخرج من فتحات الثوب كالأكمام وغيرها؛
- الإشعاع، بين الجلد والمحيط الخارجي، حسب سمك النسيج ودرجة سماحه بانتقال الحرارة؛
- الإشعاع بطريقة مباشرة بين الجلد والنسيج.

هذا النموذج التصوري يتيح دون شك رسم معالم الأنسجة والملابس بما يمكنها من إرضاء متطلبات التبادل والنقل؛ غير أن تحقيق ذلك على أرض الواقع ليس بعد ممكنا، لأنه يتطلب معرفة دقيقة بكثير من خصائص اللباس الذي يرتديه

الشخص، وكذا طبيعة الأنسجة والألياف التي تكونها، وهي جميعها معطيات ليست متوفرة حتى يومنا هذا.

ذاك ما دفع إلى تطوير نماذج تمثيلية عديدة تتيح اختبار الأنسجة على نماذج جلدية skin model لقياس طريقتها في مقاومة التغيرات الحرارية أو مقاومة التبخر (انظر الشكل ١)، وكذا على مجسمات حرارية وأجسام متعرقة، من أجل اختبار الملابس في ظروف حجرة مناخية (انظر الشكل ٢).

وتتيح هذه المقاربة تحقيق تقدم ملموس في طريق فهم جسام المكون الموضوعي لمفهوم الراحة، علما أن المكون العاطفي هو المكون الذاتي الذي يقاس عبر التحليل الحسي وعبر الاختبارات التي تجرى على المستهلكين. ونحن نعرف اليوم كيف نقيس بطريقة موضوعية إنجازات كل نوع من أنواع الأنسجة المانعة لتسرب الحرارة عبر العرق، والتي تعمل بطريقة فيزيائية (عبر نظام الثقوب) أو كيميائية (عبر استعمال مواد ممتصة للماء). ولن تلبث الأنسجة ذات الكفاءة العالية في هذا المجال، والمخصصة اليوم للاستعمالات الخاصة (من نحو الإنجازات الرياضية وما إليها) أن تجد تطبيقات عديدة في الملابس اليومية العادية.

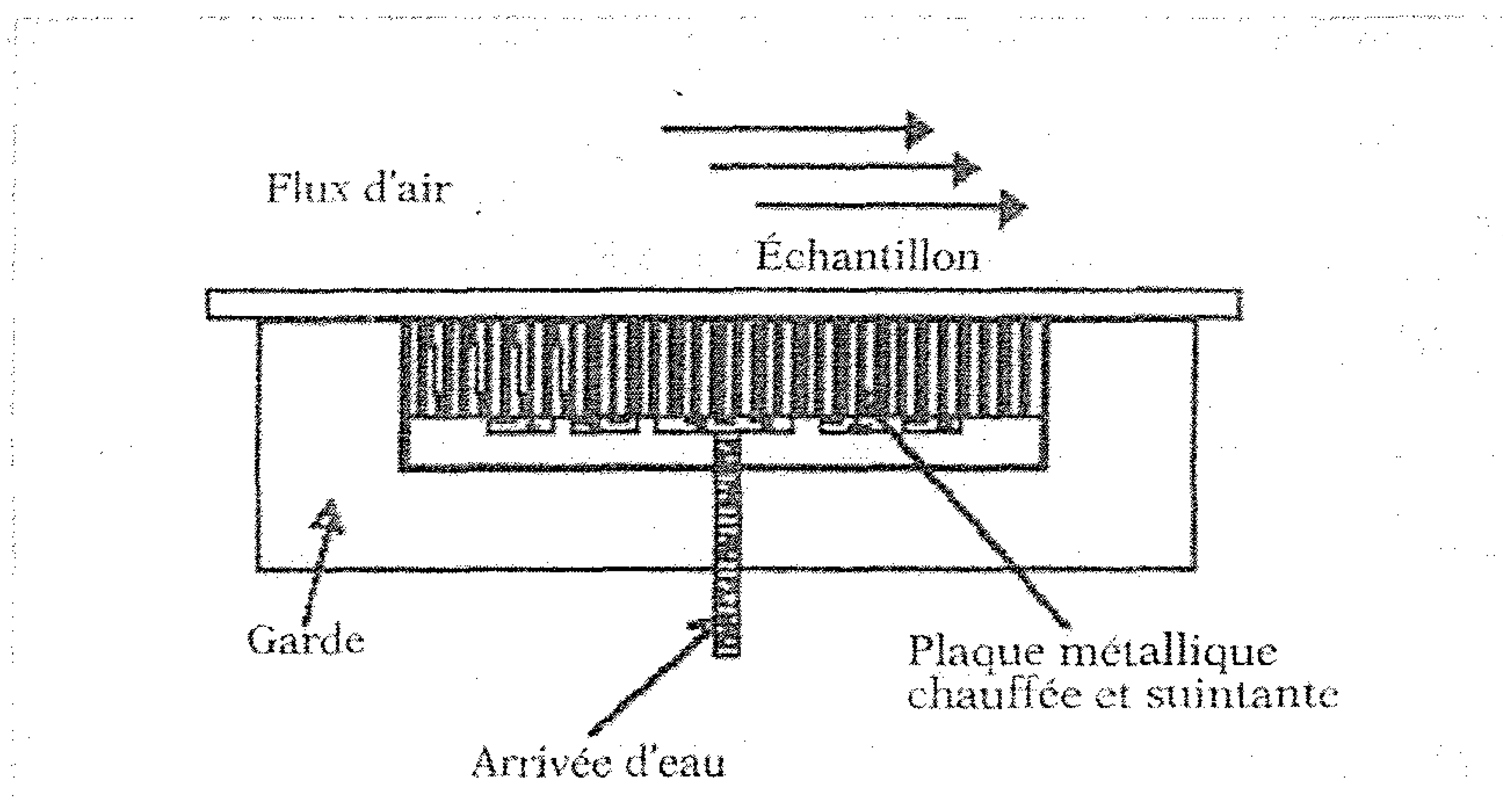
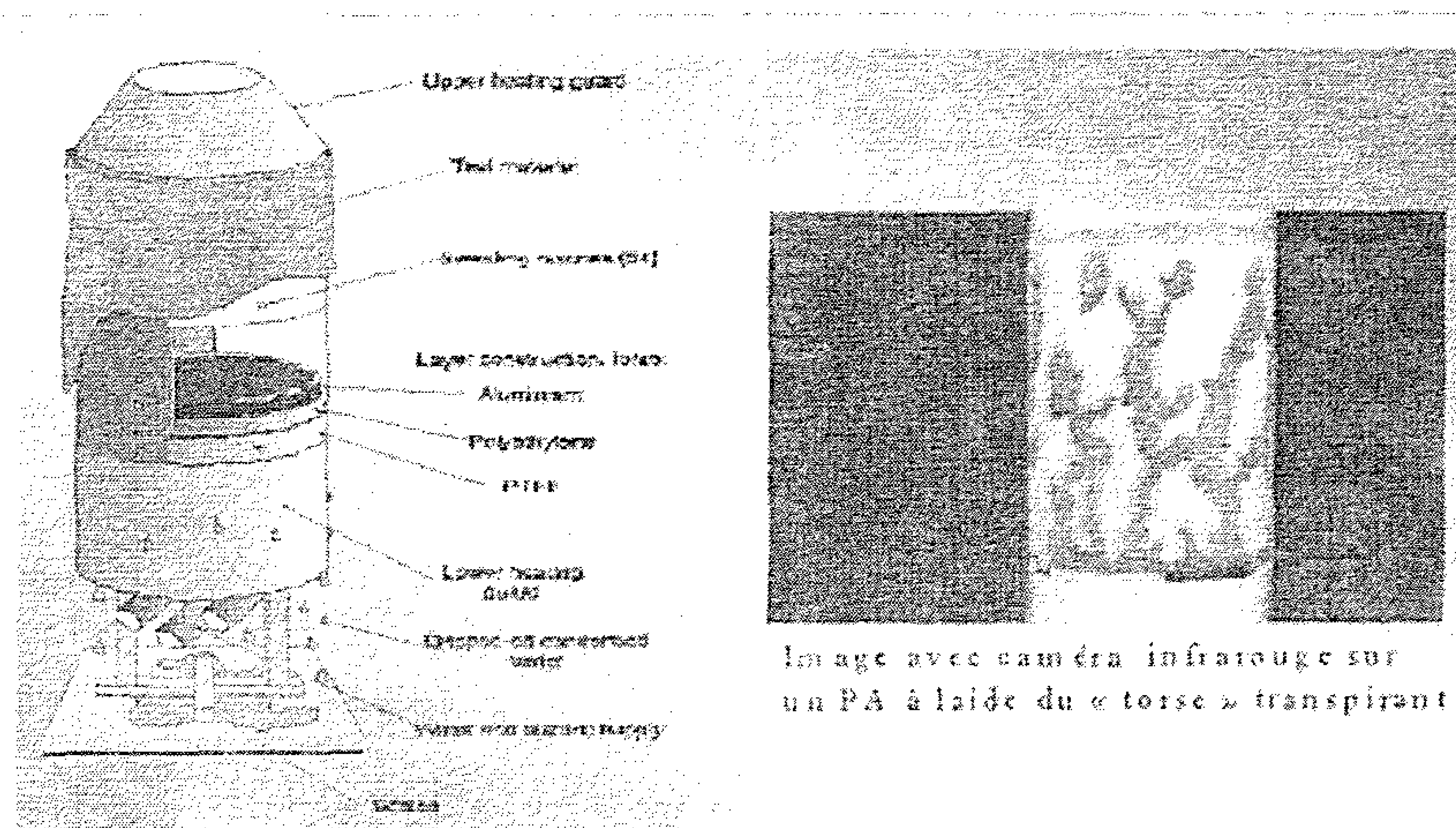


Figure 1 – La résistance évaporative est définie par : $R_e = (P_{skin} - P_{air})/H_e$
La résistance thermique est définie par : $R_c = (T_{skin} - T_{air})/H_c$
Skin model (iso 11092)



هناك طرائق عدة يمكن اتباعها للرفع من فعالية الأنسجة وكفاءتها في تنظيم الحرارة والتعرق، نذكر من بينها:

- الأنسجة المنظمة للرطوبة، لأجل الرفع من كفاءة المواد التي تـنظم التبـادل الحراري عبر التنفس؛
- ألياف تمتص العرق وتتخلص منه بسرعة: وهي ألياف مجوفـة ذات ثقـوب دقيقة؛
- إضافة مواد خاصة إلى النسيج.

وهذه المواد من صنفين:

+ طبقة من مادة خزفية مثبتة على سطح الثوب بواسطة جزيئات من حمض الأكريليك، مهمتها الحد من تيار الحرارة الذي يخترق النسيج، ومنع ارتفاع درجـة الحرارة بسبب أشعة الشمس. ويكون النسيج المطلي بهذه الطبقة قابلا لمرور الهواء ومانعا لمرور الماء.

+ طلاء النسيج بمواد مكثفة متغيرة الأطوار polymères à changement de phase، وهي مواد قادرة على أن تمتص أو تحرر كميات كبيرة من الحـرارة، دون أن تتغير حرارتها هي، وذلك عبر تغيير حالها أو تغيير طورها. ولنـا فـي الماء خير مثال على ذلك. فنحن نستعمله في حالته الصلبة، أي على شـكل ثلـج، لنحفظ مشروباتنا في درجة حرارة منخفضة، بفضل ما يتمتع به الماء وهـو علـى هذه الحالة من قدرة على امتصاص الحرارة دون أن ترتفع حرارته هو عن درجة الصفر، وسره في ذلك هو أنه يذوب مستهلكا الحرارة الممتصة في تغييـر حالـه. ولما كانت درجة الصفر هي درجة تغير الحالة الفيزيائية للماء، فـإن امتصاصـه للحرارة عند هذه الدرجة يكون في أعلى مستوياته (درجة الذوبان الكامنـة). وقـد جرى تطوير هذا النوع من المواد بالخصوص على يد وكالة الفضـاء الأمريكيـة والجيش الأمريكي، في تقنية قائمة على استعمال خاصية تغيير الطور هـذه فـي بعض المواد التي تقارب درجة ذوبانها درجة حرارة جلد الجسم البشري.

ورغم كل التقدم الذي لا بد أن يشهده هذا الميدان، فإنه من الراجح أن ملابس الراحة في المستقبل ستتضمن إلى جانب هذه التقنيات تقنيات أخرى تفيد من تطور صناعة الآلات الدقيقة، من قبيل مراوح متناهية الدقة تساعد محليا على الزيادة من التبادلات الحرارية، أو مدافئ مصغرة تساعد على الحماية الحرارية وغير ذلك.

الأنسجة ذات الألوان النشطة

لأسباب تتعلق باللهو واللعب ولكن كذلك لأسباب وقائية وحمائية، سنشهد قريبا ظهور أنسجة تتضمن مواد ملونة تتغير ألوانها حسب المؤثرات الخارجية. وقد ظهرت بالفعل في الأسواق أثواب يتغير لونها مع تغير درجة الحرارة، ولنا أن نتوقع ظهور أثواب تتغير ألوانها مع الضوء والضغط والصدمات والمعطيات البيولوجية وغير ذلك.

ويمكن تطوير بعض أشكال تغير الألوان من خلال مقاربة القياس البيولوجي biométrique، أي عن طريق فهم الطبيعة وتقليدها. فللطبيعة في الحصول على الألوان وفي إحداث التموجات والوميض وغيرها، طرائق لا علاقة لها بما يعرفه فن النسيج في عالمنا اليوم. وأجنحة الفراش وريش الطيور كلها نماذج يقتدي بها الباحثون اليوم في محاولاتهم لتلوين الألياف تلوينا فيزيائيا، حيث إن الملونات ليست هي وحدها ما يعطي اللون، بل كذلك انعكاس الضوء وتشتته بين الشبكات والطبقات والحبيبات بالغة الدقة التي يتكون منها نسيج الجناح أو الريشة. وقد بدأت ترى النور أوائل الألياف الملونة تلوينا فيزيائيا.

الأنسجة الشمية

ستكون هذه الأنسجة قادرة على إطلاق روائح من تجويفات في الألياف، أو من خزانات متناهية الدقة مزروعة في النسيج ذاته، كما ستكون قادرة على تحرير

مواد مضادة للروائح تمنع انبعاث رائحة العرق أو التبغ، بل وعلى امتصاص الروائح أيضا، بفضل ما تتمتع به من قدرة كبيرة على الامتصاص (مثل ألياف الكربون أو ما شابهها من الألياف ذات المساحة النوعية الكبيرة) أو بفضل ما يمكن زرعه فيها من كبسولات دقيقة تحتجز الجزيئات حاملة الروائح.

أنسجة يسهل العيش معها

الصيانة

كثيرة هي الأشياء التي ينتظرها المستهلك من هذا النوع من المنتجات؛ وليس من قبيل الصدف أن ترى الأسواق تمتلئ اليوم بملابس "لا تحتاج إلى كي" أو "سهلة الصيانة" أو "مضادة للبقع" أو ما جرى مجراها. غير أنه إذا كان التقدم المتحقق في هذا المجال تقدما لا ينكر، فإن الأمر لم يبلغ بعد حد تخليص المستهلك تماما من كل أعباء الصيانة والتنظيف.

لكن مع ظهور مواد جديدة، مثل المواد المكثفة ذات الذاكرة الحافظة للشكل، ونظيرتها الحساسة للتيار الكهربائي، والمواد المكثفة المطاطة، فإنه من المعقول أن ننتظر في المستقبل القريب أليافا جديدة أو مواد جديدة تعطينا ملابس تحافظ على حالها جديدة، وتعود إلى شكلها الأول بعد الانكماش فلا تحتاج إلى كي، بل وتعيد إصلاح نفسها بنفسها متى تعرضت لانسلال خيط أو لتمزق...

إضافة إلى هذا كله، فإن الأبحاث الجارية في مجال وظيفية السطوح المنسوجة تبشر بأننا سائرون في تحقيق تقدم كبير، ليس في مجال فهم تطور البكتريا والروائح داخل الملابس والتحكم في ذلك فحسب، بل وكذلك في فهم الطريقة التي تلتصق بها الأوساخ بنسيج الثوب، إذ لن يبعد أن ترى الأسواق عما قريب ظهور أقمشة ذاتية التنظيف لا يحتاج معها لابسها إلى منظف. وهذا الأمر يستدعي عناية خاصة من قبل المؤسسات التي تصنع آلات ومواد التنظيف اليوم،

إذ سيكون من المتعين عليها تحوير منتجاتها بما يجعلها تستجيب لمتطلبات غد قريب سيتجه فيه المستهلكون إلى محطات عمومية ليغيروا خصائص ثوب أو لباس، ويرمون بملابسهم في آلات منزلية تعمل بمساحيق جديدة قادرة على أن تعطي الثوب الخصائص المطلوبة.

الملابس الناطقة، والتقنيات التي تتيح تصنيعها

بدأنا نشهد في الآونة الأخيرة مبادرات يتخذها مصممو الأزياء والصانعون، تهدف إلى إدماج تقنيات التواصل الحديثة في ملابسنا، من الهاتف المحمول إلى المذياع المسموع فالشاشة المرئية. بيد أن التحدي الحقيقي هو في جعل الحلول المقترحة ذات طبيعة "نسيجية"، أي في جعلها جزءا حقيقيا من النسيج، ناهيك عن جعلها قادرة أيضا على التطور في تواز مع صناعات الاتصال والإعلام.

فاليوم وقد طور الباحثون أليافا تعمل كالألياف البصرية في حملها الضوء، فتحمل الكهرباء، وأليافا حاثة (ألياف حديديةُ المغناطيسية مغلفة بغمد زجاجي عازل)، وهي كلها ألياف لينة يمكن غزلها كما تغزل خيوط الصوف، فإننا بدأنا بالفعل ندخل عهد المنسوجات الناطقة. وسيكون بإمكان هذه المنسوجات أن تستقبل وترسل الطاقة والمعلومات إلى مستقبلات مبثوثة في الثوب. وتمكن هذه التقنية من فتح آفاق في مجالات أهمها مجالات المساعدة الطبية (كضبط النبض ومراقبة الحرارة وما إلى ذلك) والمجالات الرياضية.

ولنا أن نتخيل أيضا ملابس مصنوعة من خيوط حاثة ذات قابلية كبيرة لمرور التيار المغناطيسي، تزود بالطاقة جهازا إليكترونيا متكاملا محمولا (من هاتف وحاسبة ومفكرة وغير ذلك). حينها فإن الخيوط الموصلة ستمتد على طول جسم الشخص، الذي سيكون حاملا على مستوى الحزام لمصدر للطاقة على شكل نظام من البطاريات بالغة الدقة، مجهز بلفافة حاثة تطلق تيارا مغناطيسيا يسري

عبر النسيج الحاث حتى منطقة العنق. ويكون جهاز الهاتف مزودا بما يلــزم مــن سماعة وغيرها، قابلة جميعها للتوصيل بالجهاز الملبوس. وسيستتبع ذلك دون شك تخفيف زنة الهواتف المحمولة وتصغير حجمها، وهو ما سييسره تخليصــها مــن الإكراه المتمثل في البطاريات، التي سيجري تعويضها بمستقبلات للطاقــة خفيفــة الوزن صغيرة الحجم.

لا مراء في أن التقاليد والعادات المرعية اليوم في صناعة النســيج لا تتــيح التقدم سريعا في هذا المجالات. لذلك ينبغي أن نــولي وجوهنــا شــطر قطاعــات صناعية أخرى وشطر مختبرات البحث إن نحن شئنا تَبَيُّنَ سبلٍ للتطوير وتقنيــاتٍ جديدة يمكن اقتراحها حلولا لما يعترض سبل تطوير النسيج من عقبات. ونذكر من تلك السبل الممكنة:

- تطوير وظيفية أسطح المنسوجات عبر تعريضها لحزمة مــن الإلكترونــات، وعبر المعالجة في حالة البلازما الفيزيائية، وهي تقنيات مستعملة بكثرة فــي مجالات عديدة أخير (تعقيم الأغذية وتصنيع الشبكات فــي المــواد المكثفــة reticulation والنقش على الناظمات المصــغرة microprocesseur وغيــر ذلك)؛
- تغيير حالة سطح الألياف بواسطة المعالجة بالليزر الحراري والكهرضــوئي وغيره، أو عبر المعالجة بالأنزيمات؛
- تقنية التعبئة في حاملات متناهية الدقة، وهي تقنية تقوم على اختزانٍ مادة من المواد في حويصلات بالغة الصغر تعزلها عن محيطهــا وتحررهــا حســب الطلب، وسوف يزيد استعمالها مع مرور الزمن لتطــوير وظيفيــة ســطوح الأنسجة، حيث سيجري تثبيتها على تلك السطوح فتحرر موادها الفعالة (مــن روائح عطرية ومواد مضادة للبكتريا وغير ذلك)، استجابة لمحفز حراري أو كيميائي أو غيره.

خاتمة

تبدو لنا من هذا كله الخطوط العريضة للتحديات الكبرى والشيقة التي تنتظر قطاع النسيج، وما سيكون لذلك من نتائج على ما سنرتديه من ملابس غدا.

أما الذكاء الحقيقي، فيكمن في قدرتنا على إيلاء المستهلك مكان الصدارة من اهتمامنا، وأن نقدم له منتجات-خدمات تصحبها معلومات مناسبة لكل مقام. وأما المنسوجات الذكية فعلا، فهي التي سيكون بإمكانها نقل هذه المعلومة وإيصالها إليه.

الخلائط المعدنية المعدة للاستعمال في الظروف القصوى(١٠)

بقلم أندريه بينو
André PINEAU

من بين كل المواد الموجودة، اضطلعت المعادن وأخلاطها المختلفة بأهم دور في حياة البشر على مر التاريخ. فنحن نتحدث اليوم عن العصر البرونزي وعصر الحديد، وأقرب إلينا عصر الصلب والألمنيوم ثم السلسيوم. وترجع أهمية المعادن أول ما ترجع إلى الكميات الكبيرة المتوفرة منها. فأنت إذا نظرت في جدول Mendeleïev وجدتها تحتل منه الجانب الأكبر. ويكفي للتدليل على ذلك أن نذكر على سبيل المثال أن مجموع ما ينتجه العالم اليوم من الصلب وحده يناهز ٨٠٠ مليون طن في السنة، مما يجعل منه المادة التي تحتل المكان الثاني بعد الخرسانة وزنا.

وعلى عكس الفكرة الشائعة، فإن المعادن والخلائط المعدنية هي منتجات حديثة. فالصلب كما نعرفه اليوم لم ير النور إلا أواسط القرن التاسع عشر، مع ظهور طريقة Bessemer في تصنيعه. ومن يزر اليوم مصنعا من المصانع الحديثة التي تنتج هذه المادة يتضح له مدى التطورات التي حصلت في طرائق صنعها بين ذلك الأمس القريب واليوم.

كما ترون فإن عنوان هذا العرض يتضمن تعبير "ظروف قصوى". وسأحاول في عجالة أن أشرح، من خلال بضعة أمثلة، الدور الهام الذي تضطلع به المواد المعدنية. وقد حاولت الاقتصار على أمثلة أتاحت فيها الخصائص الميكانيكية

---

(١٠) نص المحاضرة رقم ٢٨١ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٧ أكوبر ٢٠٠٠.

التي استطاع الباحثون تطويرها أو إحداثها في المعادن وخلائطها، التوصل إلى حلول لمعضلات تقنية-اقتصادية كبرى، أو تحسين نوعية حياتنا اليومية. وبذلك فإننا سنقتصر على ذكر الخلائط البنيوية، فلا نأتي على ذكر نظيرتها المسماة وظيفية، على علمنا بما في هذا التقسيم من تقصير وإجحاف. كما أننا لن نتحدث في الخلائط التي أتاحت حل مشاكل مستعصية في مجال البيئة أو الصحة، من مثل الخلائط المضادة للتآكل، وهو كما نعلم من المشاكل التي تتسبب في الكثير من الخسارات.

وقبل أن نبدأ في تقديم الأمثلة المختارة، يبدو من اللازم التذكير ببعض الخصائص الكبرى للمعادن. فصناعة التعدين الحديثة لم تعد كما في السابق تقتصر على مقاربة قائمة على التجربة فحسب، بل أضحت تعتمد اعتمادا متزايدا على معرفة عميقة بفيزياء وكيمياء الأجسام الصلبة وفي ميكانيكا الأوساط المتصلة، كما أن التطورات الأخيرة التي شهدها ميدان التمثيل والتمثيل الرقمي تسهم بنصيب وافر في تقدم هذا القطاع الصناعي. وننتقل الآن إلى وصف بعض الخصائص التي تميز السلوك الميكانيكي للمعادن.

الخصائص المميزة للمعادن والخلائط المعدنية

على المستوى الميزوسكوبي (أي مستوى بضعة عشرات الأجزاء من المليون من المتر)، نكتشف أن المعادن جميعها تبدو ذات بنية محببة. وتضطلع الروابط التي تربط الحُبيبات فيما بينها بدور أساس في السلوك الميكانيكي للخلائط. وقد مكنت تقنية EBSD (تقنية قياس انحراف الإلكترونات المنعكسة) التي ظهرت منذ بضع سنوات، من تحقيق تقدم كبير في دراسة علاقات التوجيه الرابطة بين كل حبيبة وما جاورها من الحبيبات. ولما كانت هذه الروابط تمثل مناطق كثيرة الاضطراب، فإنها تكون كذلك مكانا مفضلا تحتله الشوائب (من مثل الفسفور الذي يتسبب في مشكل الهشاشة ما بين الحبيبية في بعض أنواع الصلب).

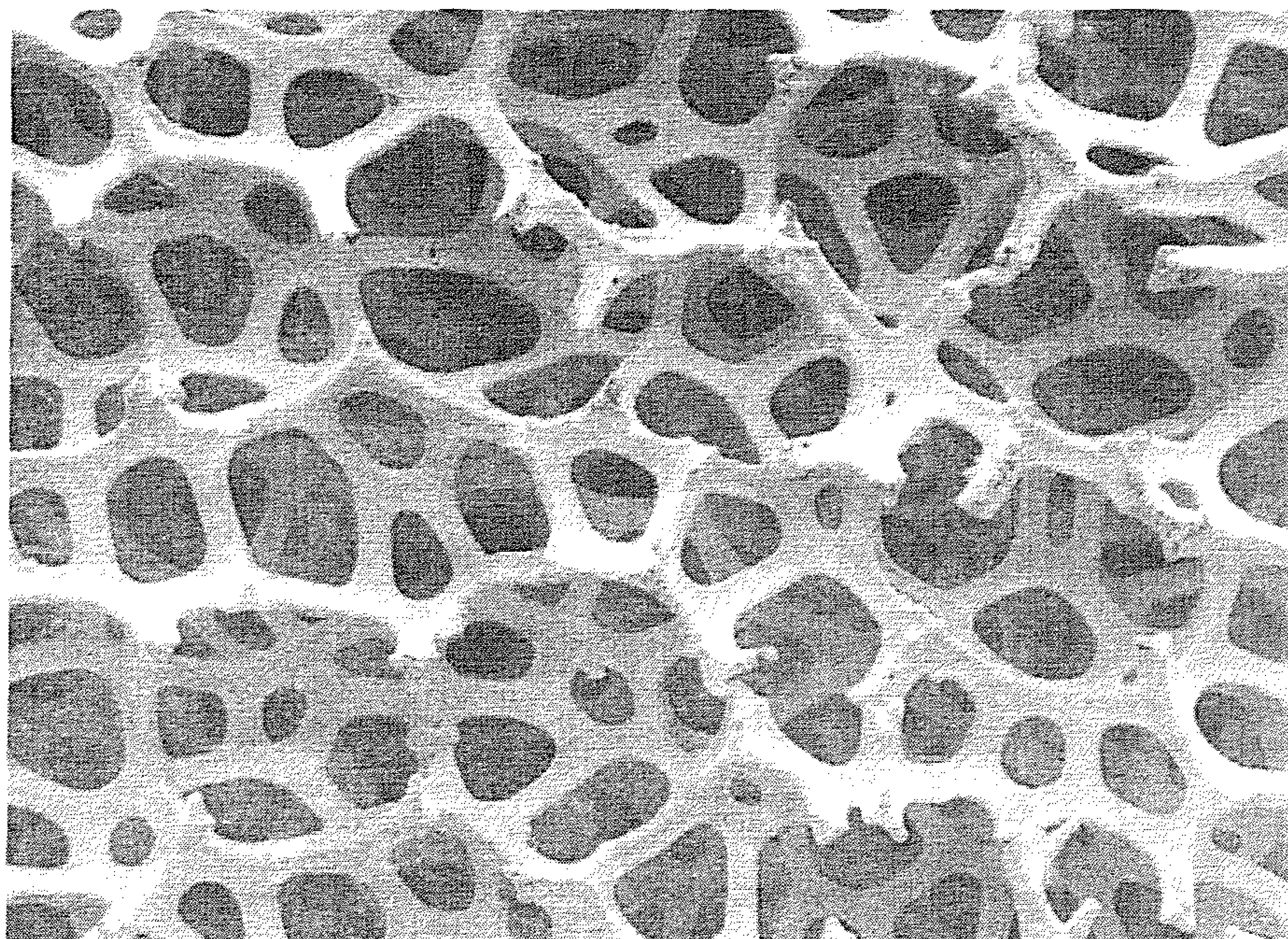
أما إذا نزلنا إلى ما دون هذا المستوى، فإن الطبيعة القوية التي تميز الروابط المعدنية تفسر كيف أن المعادن بصفة عامة تكون لها معاملات مطاطية كبيرة، كما تكون درجة انصهارها عالية، أعلى من درجة انصهار المواد المكثفة. وبصفة مبسطة، نقول إن الارتباط المعدني يقوم على التجاذب الكهربائي الساكن الواقع بين الأنوية المعدنية التي تكون في حالة أيونات، والسحابات الإلكترونية التي تلف كلا منها. وعلى عكس الارتباط التكافئي الذي نجده في المواد المكثفة وفي الخزف، فإن الارتباط المعدني ليس وحيد الاتجاه، وهو ما يعطي المعادن خاصيتها المميزة. فالطاقة الكامنة في بلور معدني أضعف ما تكون حين تكون الذرات مصطفة بطريقة منضّدة (وتلك حال البنيات المكعبة ذات السطوح المركزية CFC أو سداسية السطوح المنضّدة)، وكذا حين تكون الذرات مصطفة بطريقة تجعل لكل منها عددا كبيرا من الجارات القريبة (وهي حال البنية المكعبة المركزية CC). وتفضي هذه التركيبات الذرية إلى مواد ذات كثافة عالية جدا: ٧٠٠ ٢ كيلوغرام للمتر المكعب الواحد من الألمنيوم، و٩٠٠ ٨ بالنسبة إلى مثله من النحاس، مقارنة مع ٠٠٠ ١ كيلوغرام فقط للمتر المكعب من المواد المكثفة.

هناك خاصية أخرى ناتجة عن الارتباط المعدني، هي خاصية نقل الحرارة والكهرباء، وترجع إلى السحابة الإلكترونية التي تنقلهما بسهولة عبر البلورة. فالناقلية الكهربية في المعادن هي حوالي ١٠٠ وات/م.ك (١٠٠ وات عن كل متر-درجة كلفن)، أي ما يعادل خمسمائة ضعف نظيرتها في المواد المكثفة.

من بين الخصائص الأخرى للمعادن هناك أيضا خاصية التمدد. فإذا ما قمنا بتسخين قطعة من المعدن، فإن الذبذبات الذرية التي تمتص الطاقة الحرارية تزيد أيضا من المسافة الفاصلة بين الذرات، مما ينتج عنه تمدد المعدن. ولما كان الارتباط الذري قويا، فإن معامل التمدد في المعادن أضعف بكثير منه في المراد المكثفة.

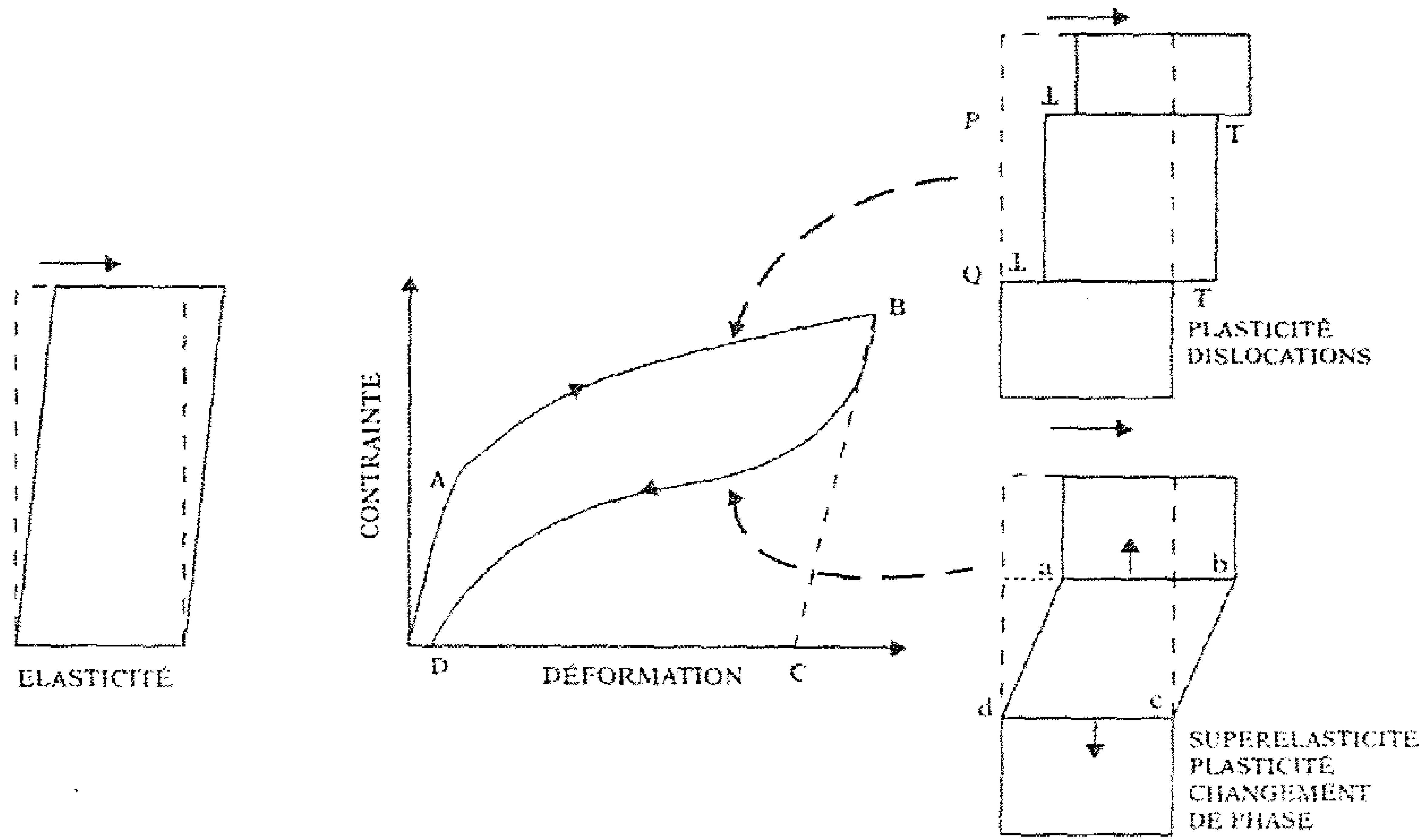
قبل أن نتناول الخصائص الميكانيكية بالحديث، لنعد إلى مسألة الكثافة. ففي التطبيقات التي يُحتاج فيها إلى أوزان خفيفة، تمثل الكثافة العالية التي تميز المعادن

وأخلاطها عيبا من العيوب. غير أن هناك معادن تتميز بكثافة ضعيفة نسبيا، منها على الخصوص المغنسيوم وأخلاطه (نحو ١ ٧٥٠ كيلوغرام للمتر المربع)، يستعملها الصانعون في تصنيع منتجات موجهة للاستهلاك العمومي، كالسيارات مثلا. وعلاوة على ذلك فقد ظهرت حديثا الأشكال الأسفنجية من المعادن، مثل أسفنج النيكل والألمنيوم، التي تتميز بكثافة ضعيفة تقل كثيرا عن ١ ٠٠٠ كيلوغرام للمتر المكعب. ويستعمل النيكل الأسفنجي بكثرة في صناعة بطاريات الآلات الإلكترونية، مثل الهواتف النقالة (انظر الشكل ١). وسنرى فيما يلي كيف أن الألمنيوم الأسفنجي يمكنه أن يكون ذا فائدة كبرى في تحسين المقاومة الميكانيكية في ظروف السرعات القصوى.



السلوك الميكانيكي للمعادن والأخلاط المعدنية

إذا عرضنا قطعة من المعدن للقرض مــثلا، فإنهــا ستســتجيب بالطريقــة الموضحة في الشكل ٢. فما دام التغيير في الشكل ضعيفا (أقل من ١ على ١٠٠)، فإن الاستجابة تكون قابلة للانعكاس، كما تكون في الغالب خطية. ونقول عند ذلــك إنها مرنة. ويميزها عند ذلك عامل المرونة الذي يتغير كثيرا حسب طبيعة المعدن (من ٧٠ ٠٠٠ MPa بالنسبة إلى الألمنيوم، إلــى ٢٠٠ ٠٠٠ فــي الحديــد و٤٠٠ ٠٠٠ في التنغستين). فإذا ما بلغنا ما يعرف باسم حد المرونة، فــإن الاســتجابة لا تبقى خطية. وحسب القاعدة العامة، فإن هذه الظاهرة تعود إلى ظهور مــا يعــرف باسم اللدونة plasticité. وقد انصبت الأبحاث النظرية والتجريبية باهتمام على هذا الشكل من الالتواء الذي يمثله في الشكل ٢ وجود أسطح انزلاق تفرق ما بين الكتل التي تبقى صلبة محتفظة بشكلها الأول.



السلوك الميكانيكي منظورا إليه بالعين المجردة وبالمجهر

المرونة واللدونة البلورية عبر تحرك الكتل بعضها بالنسبة إلى بعض

المرونة الفائقة التحويلية، مع تغيير في الحالة

(الخلائط ذات الذاكرة المحتفظة بالشكل الأولي)

فانخفاض حد المرونة في المعادن طرح سريعا مشاكل كبيـرة للمنظـرين الفيزيائيين المتخصصين في مرونة البلورات. ولئن كان من الممكن إقامـة الـدليل نظريا على أن حد المرونة في بلورة صافية لا عيب فيها، يمكن أن يبلـغ عشـر عامل المرونة، فإن الواقع التجريبي يبين أن هذا الحد أصغر من ذلك بعشر مرات إلى مائة مرة. وقد أدى هذا الفارق الكبير بادئ ذي بدء، قبيـل الحـرب العالميـة الثانية، إلى اختراع مفهوم العيوب الخطية. ثم بعد ذلك، وانطلاقـا مـن منتصـف الستينات من القرن الماضي، بدأ الباحثون يدرسون تكوين تلك العيـوب وتكاثرهـا وطريقة تفاعلها فيما بينها، بغية فهمها فهما أمثل، خصوصا مع ظهـور المجهـر الإلكتروني الناقل الذي أتاح ملاحظتها. بذلك استطاع العلماء فهم ظاهرة التطريـق (كون المعدن يزداد مقاومة كلما ازداد التواءا) فهما كيفيا، بل وفي بعض الحـالات فهما كميا أيضا. والفكرة الأساس التي تعلو على غيرها كطريقة لزيـادة المقاومـة الميكانيكية لخليط معدني معين، هي القائمة على وضع عوائق في أماكن الانـزلاق لتمنعه (مثل خلق انزلاقات أخرى معاكسة، أو استعمال ذرات في محلول صلب أو غير ذلك)، حيث يعتقد العلماء أن الروابط بـين الحبيبـات فـي بلـورة متعـددة polycristal تمثل حواجز تقف دون تقدم الانزلاق من حبيبة إلى حبيبة. ويكون حد المرونة أعلى كلما كانت الحبيبات أصغر (بحكم قانون Hall وPetch الذي يـنص على أن حد المرونة يتغير في تناسب عكسي مع مربع حجم الحبيبة). ومنـذ نحـو عشرين عاما، وفي فرنسا على وجه الخصوص، واعتمادا على أشـغال معـدِّنين فيزيائيين، استطاع معدِّنون ميكانيكيون مختصون بالمكيانيكـا المصـغرة للمـواد البلورية، أن يضعوا نماذج لا تفتأ تزيد تكاملا، تأخذ بعين الاعتبار مختلف درجات التصلب في المعادن. وتهدف هذه النماذج إلى تفسير السلوك الميكـانيكي للخلائـط المعدنية في علاقته مع بنيتها المجهرية، وهي تندرج في إطار المقاربة التي تدعى أحيانا بمقاربة MAO (التعدين بمساعدة الحاسوب).

حين تعمل الآليات المذكورة وحدها، فإن مرحلة التفريغ (المقطع "ب"، شكل ٢) تحدث فتترك وراءها أثرا باقيا على شكل التواء (OC). أما في بعض الخلائط

المعدنية الخاصة، فإن التفريغ لا يكون خطيا، بل يتبع شكل المنحنى AD، مع اختلاف يزيد أو ينقص في تخلف المنحنى AB عن المنحنى BD. في هذه الحالة يتعلق الأمر بما يسمى المرونة الفائقة. وقد حصل الخبراء على مثل هذه الخلائط منذ بداية الستينات من القرن الماضي، باستعمال خلائط غير معتادة مثل الإنديوم والتانطال أو الذهب والكادميوم. ثم مر الزمن فاكتشف الباحثون خلائط أخرى من معادن أكثر انتشارا، مثل الحديد والمنغنيز، والنيكل والتيتان، والنحاس والزنك والألمنيوم، أو النحاس والألمنيوم والنيكل. ففي هذه الخلائط لا يرجع سبب المقطع AB من منحنى الالتواء بالأساس إلى الانزلاقات، بل وكذلك إلى تغيير الحالة الفيزيائية، كما هو موضح في الشكل ٢. فالمقطع ABCD من القطعة الاختبارية يتغير خلال الالتواء، وتتحرك الجبهتان AB وCD، اللتان تحددان المرحلة الثانية، بطريقة قابلة للانعكاس بدرجة تزيد أو تنقص، مما يفسر بطريقة كيفية منحنى الالتواء. وكثيرا ما يتعين تسخين مثل هذه الخلائط المعدنية لأجل إطلاق مرحلة الرجوع إلى الحالة الأم. في هذه الحال، فإن الخلائط حين تجتاز مرحلة التفريغ (الوضع BC) ويعاد تسخينها بعض الشيء، تعود إلى حالتها الأولى. لذلك يقال إن لهذه الخلائط ذاكرة تحتفظ بالشكل الأولي. وقد بدأت هذه المواد وهذه الخصائص التي استرعت لزمن طويل انتباه الباحثين، بدأت تجد تطبيقات، وبخاصة في المجال الطبي (انظر بهذا الصدد مثلا عملية استبدال صمام قلبي بطريقة غر جراحية في مستشفى Necker، بفضل stent يستدعيول استعمال خليط من النيكل والتيتانيوم).(١١)

كل هذه الآليات البسيطة التي ذكرناها، تشتغل في درجات حرارة منخفضة نسبيا (٣٠% من درجة الانصهار)، أو مرتفعة بعض الشيء (نصف درجة الانصهار)، وهناك آليات أخرى تتدخل أيضا، لا تعتمد على تنقل الانزلاقات، بل على الانتشار. ففي درجات الحرارة المتوسطة، يكون الانتشار عبر الزوايا

---

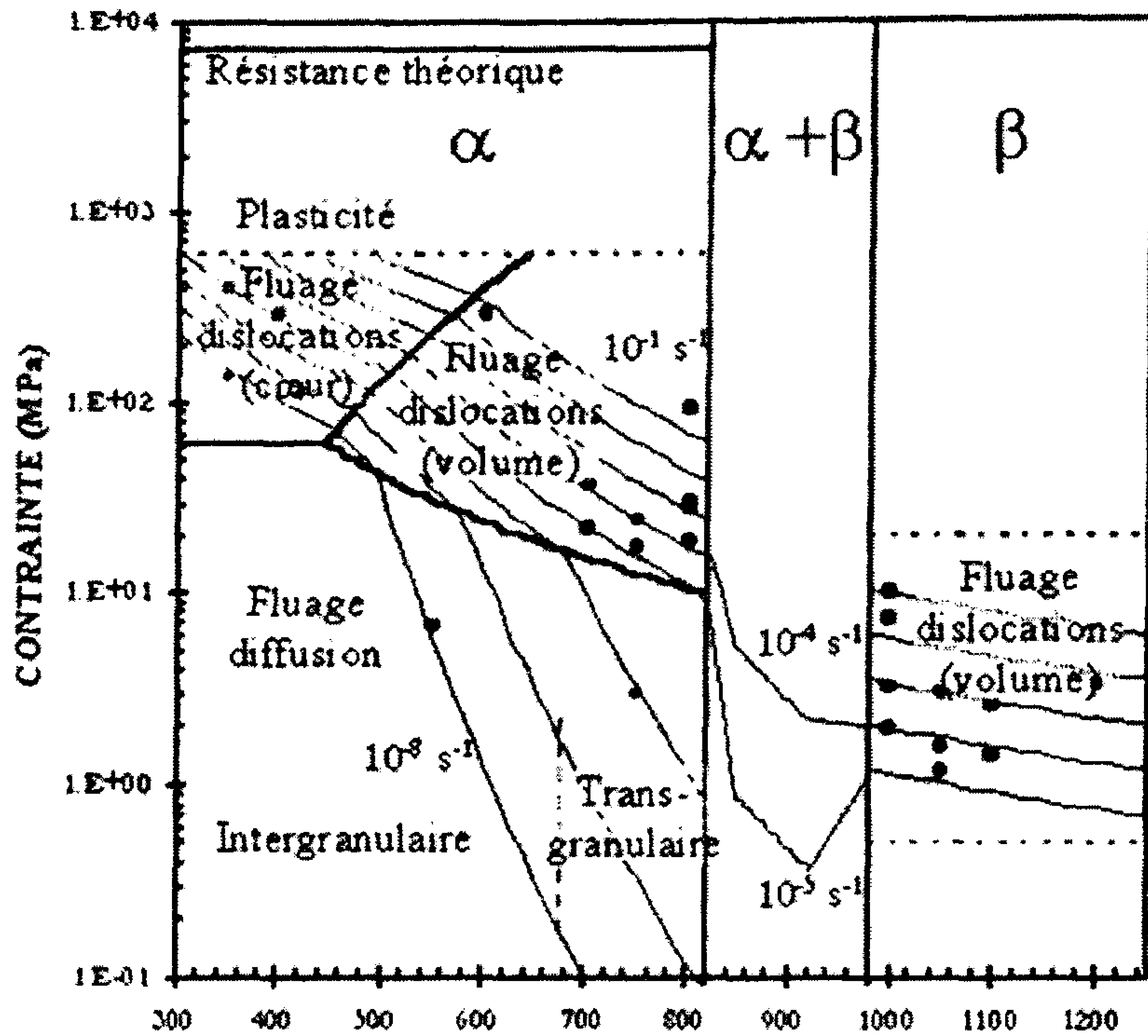
(١١) جريدة Le Monde، ٢١ أكتوبر ٢٠٠٠.

interangulaire (تَمَيُّع Coble)، أما في درجات الحرارة المرتفعة، فإن الانتشار يكون فوق الزوايا transangulaire (تميع Herring-Nabarro). ويتبين من هذا بجلاء كيف سرعة الالتواء تكون أضعف كلما كانت المسافة التي يتعين على الذرات قطعها أكبر، أي كلما كان حجم الحبيبات كبيرا؛ ومعناه أنه فيما تعلق بحجم الحبيبات، فإن المسألة تجري على عكس ما هو الحال عليه في درجات الحرارة المنخفضة. وسنرى كيف أن لهذه الملاحظات البسيطة آثارا كبيرة في تطور الخلائط المقاومة للحرارة.

ونحن نتوفر الآن، بفضل الأبحاث المنجزة في مجال الآليات البسيطة وتنوعاتها، على خرائط للالتواء قام بتطويرها على وجه الخصوص M. Ashby. ونرى نموذجا منها في الشكل ٣، الذي يتعلق بخليط من خلائط الزركونيوم، هو المعروف باسم Zircaloy 4، والمستعمل كمادة تغليف للمحروق النووي في المفاعلات الذرية العاملة بالماء المضغوط.

الخلائط المعدنية المعدة للاستعمال في درجات الحرارة شديدة الانخفاض

بالنسبة إلى كثير من التطبيقات المتعلقة بالتبريد، ليس هناك مناص من الخلائط المعدنية. ففي كل الحالات، يحتاج الصانعون إلى خليط لا يتميز بمقاومة ميكانيكية عالية فحسب، ولكن كذلك بكونه لا يصبح هشا في درجات الحرارة شديدة الانخفاض. ذلك هو السبب الذي يجعلهم يعتمدون أكثر فأكثر على الخلائط الخفيفة المتكونة أساسا من الألمنيوم، أو من بعض خلائط التيتان (تيتان-ألمنيوم-قصدير). وهناك صعوبة أخرى قائمة، تتمثل في قابلية التمدد التي تحدثنا عنها آنفا.



خريطة التواء خليط Zircaloy 4

ولعل خير مثال للاستعمال الصائب لهذه الخصائص الفيزيائية التـــي تميـــز بعض الخلائط هو المزيج المعـــروف باســـم INVAR، والـــذي اكتشـــفه C.E. Guillaume، وجرى تطويره في معهد IMPHY على يد P. Chevenard. كمـــا اكتشف الباحثون أنه من الممكن، في نظام ثنائي قائم على الحديد والنيكل، الخفض من معامل التمدد إلى درجة كبيرة في بعض الخلائط المعينة في درجـــة حـــرارة معينة. فمعامل التمدد في خليط مثل خليط حديد٤٠-نيكل يكون في درجات الحرارة التي تقل قليلا عن الحرارة العادية منخفضا جدا (حوالي ١ على مليون)، أي أقـــل بعشرين مرة من نظيره في صلب غير قابل للصدأ من النوع المعهـــود المتكـــون

أساسا من الأستنيت austénitique. ورغم أن تفاصيل هذه الظاهرة ليست بعد معروفة بما يكفي، فإنه من المعلوم أنها ترتبط بدرجة أو بأخرى بوجود حرارة من نوع حرارة Curie في هذا النظام. وتتضح من هذا كلُّ الفوائد الممكن اجتناؤها من هذه الخاصية اللافتة للنظر، مثل الخلائط عالية الدقة المستعملة في أنابيب أجهزة التلفزة ذات الصورة عالية الوضوح، والخلائط المعدنية القابلة للالتحام بالزجاج وغير ذلك. ولعل خير مثال يمكن سوقه بهذا الصدد في مجال الصناعة الحديثة هو استعمال مثل هذا الخليط في صنع الصهاريج التي تحمل غازات مسيلة (ما يناهز ١٦٠ درجة تحت الصفر).

هناك أيضا خاصية ينبغي إيلاؤها كل الاهتمام، هي خاصية الانكسار السريع في درجات الحرارة شديدة الانخفاض، وذلك لأنها تتسبب في العديد من الحوادث الخطرة. وقد كان أول من بدأ بدراستها في فرنسا هما G. Charpy و A. Le Chatelier في بداية القرن العشرين، حيث خلَّد اسمَ أولِهما اختبارُ العمود المحزز الذي يتيح قياس هذه الحرارة الانتقالية. وعلاوة على المعطيات التجريبية المحصل عليها عبر دراسة نوع من الصلب المستخدم في البناء، والذي استعمل في صناعة صهاريج المفاعلات الكهرنووية العاملة بالماء المضغوط، هناك أيضا النتائج المحصل عليها منذ وقت قريب، عبر تجارب متفرعة عن الاختبار المذكور عينه، تقوم على تطبيق ما أصبح يصطلح عليه اليوم باسم المقاربة المحلية للانكسار approche locale de rupture. وتقوم هذه المقاربة على تنويع باتباع طريقة العناصر المكتملة لحقول الإكراه والالتواء في العمود المحزز، انطلاقا من معايير الانكسار المستنبطة من دراسة آليات الانكسار، وبالذات آلية الانفساخ clivage. فالانفساخ شكل من أشكال الانكسار يتميز بطابعه الاحتمالي، وهو ما يفسر أن المنحنيات النظرية التي تصف تطور قدرة المعدن على امتصاص الطاقة عند تعرضه لصدمة، تكون كلها مرسومة طبقا لاحتمالات مختلفة (١٠%، ٥٠% و٩٠%). ولا تفتح هذه التنويعات الباب فحسب أمام إمكان التخفيف من التجارب

عبر القضاء على هذا الطابع الاحتمالي، بل وكذلك أمام تطوير أنواع جديدة من الصلب تتميز بحرارةِ انتقالٍ من حال المرونة إلى حال الهشاشة منخفضةٍ. ويكفي في هذا المجال التذكير بحادثة الناقلة إريكا في ديسمبر ١٩٩٩ للتدليل على أهمية مثل هذه البحوث.

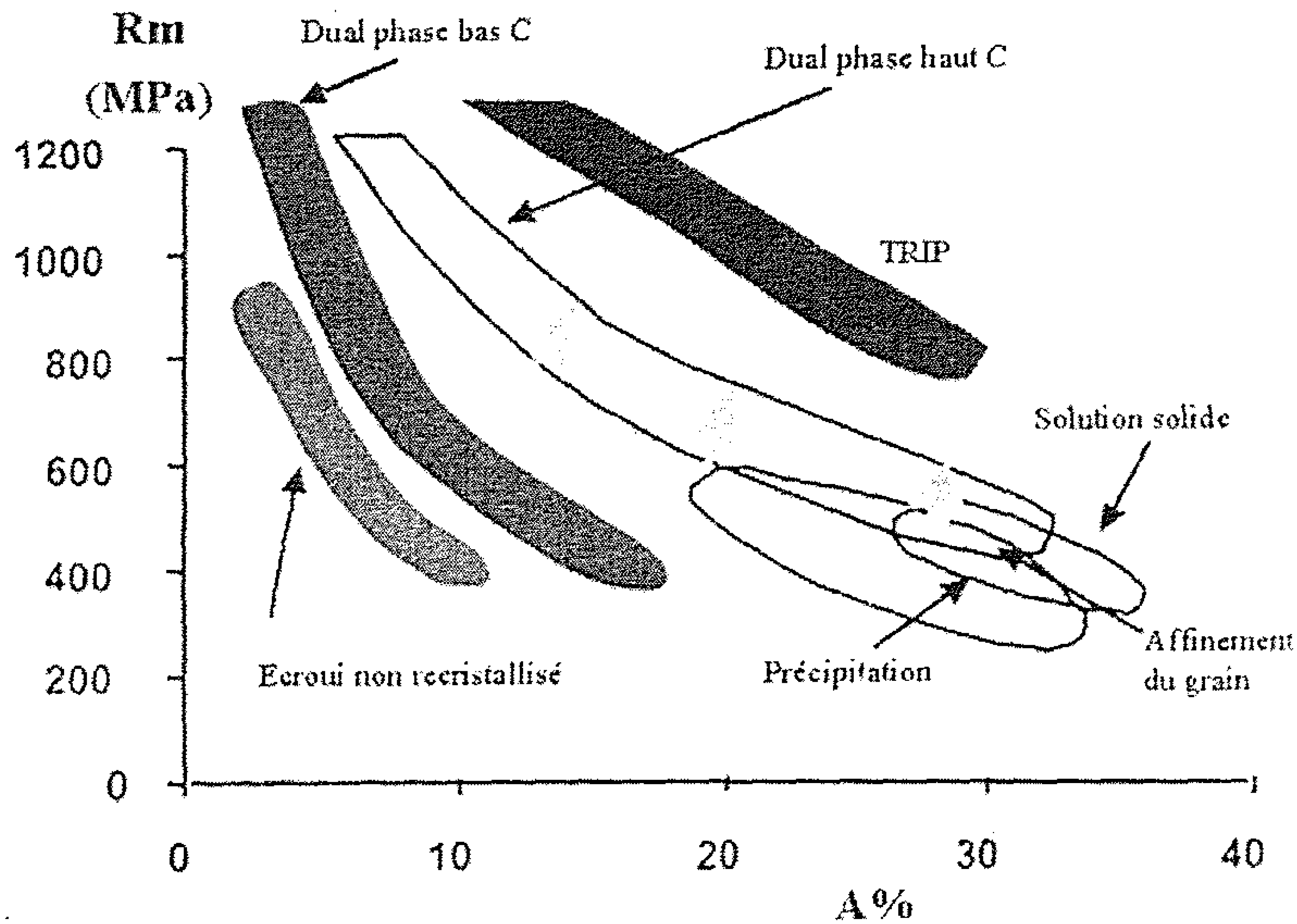
المعادن ذات الالتواء فائق السرعة

يكفي مثال صدمات السيارات لتبيان سلوك الخلائط المعدنية ذات سرعة الالتواء الفائقة. ولنذكر بهذا الصدد أن صناعة السيارات الحديثة تطورت بما أصبح لا يخشى معه خطر من اصطدامات مباشرة بسرعة مرتفعة نسبيا (حوالي ٦٠ كيلومترا في الساعة). ولا يعود الفضل في هذه الإنجازات إلى تطور وسائل التصنيع والتركيب فحسب، ولكن كذلك إلى استعمال مواد معدنية قادرة على امتصاص صدمات كبيرة دون أن تتمزق أو تتكسر.

إذا ما عدنا إلى الشكل ٢، فإن الطاقة الممتصة (نسبة إلى وحدات الحجم) تقاس بالمساحة الواقعة تحت المنحنى OABC. ونرى أنه متى بلغ الإكراه مستوى معينا، فإن المساحة المعنية ستكون ضيقة إلى درجة غير معقولة إذا ما بقي المعدن مرنا. وهناك إستراتيجيتان ممكنتان للزيادة من مقدار تلك الطاقة: الرفع من حد المرونة (لكن دون الخفض من مدى حد الانكسار عند الالتواء)، والبحث عن خلائط معدنية تتميز بحد انكسار عالٍ. وفي بعض الخلائط مثل الصلب، فإن الزيادة في سرعة الالتواء تنتج عنها زيادة في حد المرونة.

ويتوفر الصانعون اليوم على وسائل عدة لتحسين العلاقة بين المقاومة والالتواء المؤدي إلى الانكسار. وحالة الصلب مبينة في الشكل ٤، الذي يبين وجود اختلافات تعبر عن تسهيلات الاستعمال وكذا عن التكاليف التي تستدعيها صناعة

السيارات. وبين الوسائل التي تظهر على هذا المخطط، نرى النتيجة الجيدة المترتبة على تخفيض حجم الحبيبات التي أشرنا إليها من قبل. فاليوم وبفضل تطبيق مراقبة صارمة لوسائل المعالجة وإعمال شيء من الذكاء، يمكن التوصل إلى أنواع من الصلب لا يجاوز حجم الحبيبة منها بضعة أجزاء من المليار من المتر، بل ويمكن أن نطمح إلى أبعد من ذلك بفضل المعالجة الميكانيكية الحرارية المتحكم فيها. وفيما وراء ذلك، فإنه سيتعين دون شك اختراع وسائل معالجة جديدة. وتبدو على الشكل ٤ وسائل تعدينية أخرى، من مثل استعمال أنواع من الصلب ثنائية الطور أو غيرها من الأنواع المطورة. والفكرة الثاوية وراء تطوير هذه الأنواع من الصلب ليست جديدة، إذ تعود إلى أوائل الستينات من القرن الماضي. غير أنها لم تكن ساعتئذ تطبق إلا على الصلب المخلوط بكميات كبيرة من الخلائط، أما الأنواع ذات النسبة الضعيفة من الخلائط فما زالت في مرحلة التطوير. والخلاصة أن باب الأمل لا يزال مفتوحا في تحسين العلاقة بين المقاومة والمرونة في الصلب.



أما الأسفنج المعدني، فهو كأسفنج المواد المكثفة، يتميز بقدرة كبيرة على امتصاص الصدمات، وخصوصا متى رُدت المقاومة فيها إلى الكثافة، وهو معيار جد هام في الصناعات التي تتوخى خفة الوزن في السيارات. ويتوفر اليوم الألمنيوم الأسفنجي الذي بينت التجارب مقاومته الكبيرة للصدمات. والحلول الممكنة في هذا المجال كثيرة، ومنها استعمال أسفنج ثنائي المعدن، أو أسفنج يتميز بمعامل Poisson سلبي، أي بكون مسامه تزداد اتساعا كلما ازدادت طولا، أو غير ذلك من التشكيلات التي تفتح المجال واسعا أمام الإبداع في هذا المجال.

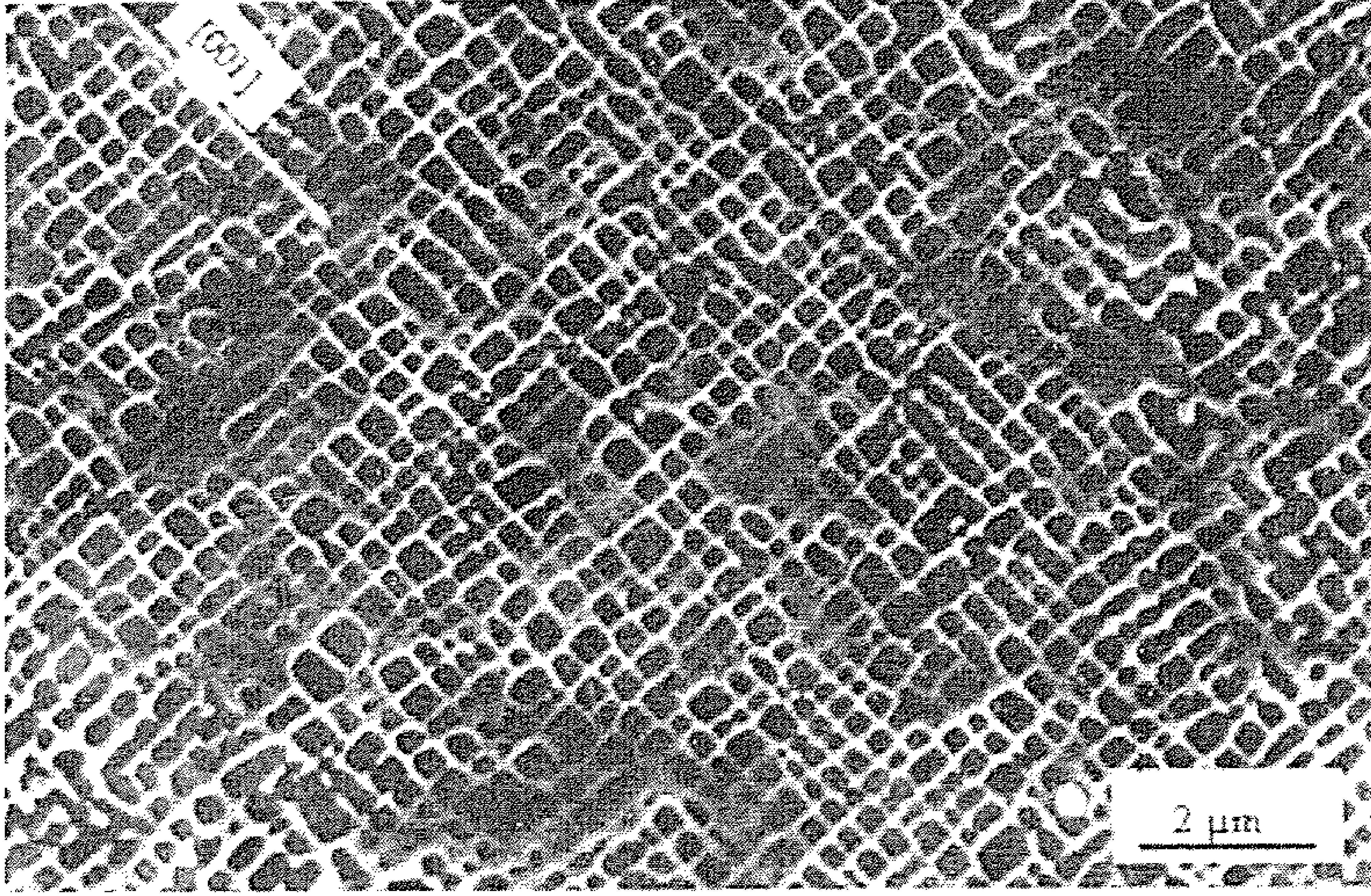
الخلائط المعدنية المعدة للاستعمال في درجات حرارة شديدة الارتفاع

هناك مؤشرات عدة تدل على مدى تقدم بلد من البلدان في المجال التكنولوجي، من أصدقها إنباءً الطريقةُ التي يعتمدها هذا البلد في التحكم في المواد المعدة للاستعمال في درجات حرارة شديدة الارتفاع، وهي مواد لا غنى عنها في الصناعات الكيماوية وفي المحركات الحرارية والتربينات. وسنقتصر في بسطنا لهذا الأمر على مثال التربينات المستعملة في محركات الطائرات النفاثة، وهي كما نعلم بنيات يُطلب منها إنتاج مقدار كبير من القوة الميكانيكية، وبخاصة عند إقلاع الطائرة. ففي الحالة القصوى من الاشتغال، تكون كل واحدة من زعانف التربينات معرضة لقوة طاردة ينتج عنها مجهود محوري يعادل عشرات الآلاف من النيوتونات، وقوة ميكانيكية تعادل قوة عدد من السيارات. وهذه الإنجازات لا يمكن تحقيقها إلا برفع حرارة الغازات إلى درجات شديدة الارتفاع (ما يناهز ١٦٥٠ درجة مئوية)، ولولا أن الزعانف محمية بوسائل تبريد أو بحاجز حراري لما طال بها الأمر أن تنصهر تحت تلك الحرارة انصهارا. وحتى مع وسائل الحماية تلك، فإن درجة حرارة المعدن في بعض الأماكن تبلغ ١١٠٠ درجة. ويتمثل الرهان في إيجاد مواد قادرة على مقاومة درجات الحرارة تلك، وفي الآن ذاته احتمال المجهود الذي يطلب منها في تلك الظروف القصوى ومقاومة كل العوامل الأخرى، من تآكل وتمدد وتمزق وإعياء حراري وميكانيكي وانثناء وانخواء وغير ذلك.

وقد اتضح للصانعين سريعا أن الخلائط الفائقة المتكونة من النيكل والألمنيوم والكروم المقاوم للصدأ هي أمثل المواد للاستعمال في هذه الظروف القصوى. ومما يجدر التنويه به في هذا المجال الأعمال التي أنجزها P. Chevenard في فرنسا، إذ أسهم بنصيب وافر في إقامة الدليل على التصلب البنيوي لهذه الخلائط، ومثله ما قام به Guinier في مجال الخلائط المتكونة من الألمنيوم والنحاس.

إن الخلائط الفائقة المحتوية على عنصر النيكل تستحق مكانا أكبر من المكان الذي يفرده لها عرضنا هذا. وسنقتصر في حديثنا هنا على الخلائط الفائقة وحيدة البلورة التي تُستعمل في صناعة زعانف أكثر التربينات تطورا. لقد أشرنا سالفا إلى أن المبادئ الأساس المصوغة انطلاقا من دراسة آليات الالتواء تساعد في تطور المواد ذات الحبيبات الكبيرة المعدة لتطبيقات في درجات حرارة مرتفعة. ولما كانت هذه المواد تصنع في الأفران – مما يجعل التركيز الكبير في المواد الإضافية يحد من قابليتها للتطريق – فقد انصبت التطويرات الأولى في السبعينات من القرن الماضي على تقنية التقسية ذات الاتجاه الواحد والمتحكم فيها. وقد أتاحت هذه التقنية – بتمكينها الصانعين من الحصول على بنيات ذات حبيبات كبيرة جدا ومنتظمة في طوابير – تفادي الروابط المستعرضة بين الحبيبات في جسم الزعانف، وربح بضع مئات من الدرجات مقارنة بالخلائط المصنوعة في القوالب والتي لها بنية متوازية المحاور. وقد تمثلت آخر التطورات في هذا المجال في إنتاج زعانف وحيدة البلورة، مما مكن من تحسين مقاومة الانخواء والإجهاد الميكانيكي الحراري. ويبين لنا الشكل ٥ صورة مجهرية تظهر البنية الداخلية للخليط المعروف باسم AMI، حيث تبدو المكعبات مصطفة حسب اتجاهات القالب الأصل. ومن بين المشاكل المستعصية في هذا المجال مشكل استقرار هذه البنية، التي إن كانت منسجمة تماما مع القالب الأصل فإنها تنحرف عنه بعض الانحراف من الناحية البلورية؛ ويقترحون لحله الاجتهاد في تحقيق الانسجام البلوري بين الطورين، كما يدرس الباحثون الآن إمكان إضافة عناصر تزيد من استقرار الطور المنشود. ولا شك أن الإمكانات الضخمة المخصصة لهذا المشروع، وكذا

الإمكانيات التقنية المتوفرة اليوم، من قبيل تقنية المسبار الذري، ستتيح إحراز تقدم في هذا المجال. ولنذكر بهذا الصدد بأن ربح خمسين درجة مئوية في هذا المضمار يعد فتحا صناعيا كبيرا.



صورة مجهرية للخليط المتكون أساسا من النيكل وحيد البلورة

نظرة استشرافية للمستقبل بمثابة خاتمة

ينبغي تطوير خلائط معدنية جديدة لأجل مواجهة الصعوبات التقنية المستعصية التي تعترض سبيل بعض الصناعات، مثل صناعة إنتاج الطاقة (حرارية كانت أم انصهارية أم غيرها)، وصناعة النقل والإسكان، أو تلك التي يصادفها المرء مباشرة أو مداورة في سعيه إلى الحفاظ على البيئة (كإعادة تأهيل المواد المستعملة وما شابه ذلك).

والميادين التي لم يستكشفها الباحثون لا تزال كثيرة، ومنها على سبيل المثال الإنتاج الصناعي لخلائط ذات بلورات دقيقة وبلورات بالغة الدقة، وتطوير أشكال

وتركيبات للطور الثاني مستقرة ثابتة، وإعطاء أهمية أكبر للتبليط وللسطوح، وزرع المواد المكثفة في أكسيدات مختارة، وفوق هذا وذاك محاربة كل أشكال التلف التي قد تلحق بالمواد، من تلف كيميائي (التآكل)، وميكانيكي (الإجهاد والانكسار) وميكانيكي-كيميائي معا (التآكل الناتج عن الإكراه)، وكذا الرفع من درجة أمان المواد المعدنية ومن مقاومتها للزمن، والاجتهاد في فهم ما لا يبدو خاضعا لأية قاعدة، وذلك من أجل التحكم فيه.

ولأجل استكشاف هذه الميادين، لا مناص من مقاربة متعددة التخصصات. فقد تطورت صناعة التعدين في أوائل القرن العشرين بفضل علماء الكيمياء وبفضل علوم الملاحظة، وخصوصا الميتالوغرافيا (علم قياس سلوك المعادن)، ثم جاءت الستينات من القرن نفسه فأصبحت فيزياء الأجسام تسهم في ذلك بنصيب يزيد يوما عن يوم.

أما خلال العقدين المنصرمين، فإن المختصين في الميكانيكا والميكانيكا المصغرة هم من اضطلع بالعمل على تحوير سلوك المعدن والتغلب على السبل التي يدركه منها التلف، فأسهموا بذلك بأوفى نصيب في وضع أدوات التغيير التي لا غنى لذلك التحوير عنها. ونحن نتوفر اليوم على أدوات تمثيل ذات كفاءة عالية، لن تفتأ تزداد كفاءة ودقة على جميع المستويات. لذلك فإن إسهام العلماء من كل الاختصاصات ضروري لإيجاد حل لكل المشاكل التي ما زالت معلقة. و الأمر الذي يبدو لي من البديهي البدء فيه في هذا الاتجاه هو التفكير في المجهود الإضافي الواجب بذله من أجل دعم التكوين والتربية في مجال علوم المواد.

مراجع

- ADDA (Y.), DUPOUY (J.-M.), PHILIBERT (J.) et QUÉRÉ (Y.), *Éléments de métallurgie physique*, Paris, Documentation Française, 1982.
- ASHBY (M. F.) et JONES (D. R. H.), *Deformation — Mechanism, Maps*, Oxford, Pergamon Press, 1982.
- BÉRANGER (G.), F. DUFFAUT (F.), MORLET (J.), TIERS (J.F.), *Les alliages de fer et de nickel*, Lavoisier Tec. Doc., 1996.
- FRANÇOIS (D.), PINEAU (A.) et ZAOUI (A.), *Comportement mécanique des matériaux*, Vol. I et II, Paris, Hermès, 1993.
- FRIEDEL (J.), *Dislocations*, Oxford, Pergamon Press, 1964.
- GUINIER (A.), *La Structure de la matière*, Paris, Hachette, 1980.
- SIMS (C. T.), STOLOFF (N. S.) et HAGEL (W. C.), *Superalloys II*, New York, John Wiley and Sons, 1986.

المواد المركبة حرارية البنية[١٢]

بقلم بيير بتيان
Pierre BÉTIN

المواد المركبة

تعد المواد المركبة، وبخاصة منها حرارية البنية، مجالا تلتقي فيه الرهانات الإستراتيجية بالصعوبات التقنية بالآمال الاقتصادية، ومجالا متطورا يعترف فيه العالم كله لفرنسا بالريادة والسبق.

فما معنى "مادة مركبة"؟ إن أنت عدت إلى المعجم فسيعطيك مكافئات من مثل "مختلفة المكونات" أو "ذات بنية غير بسيطة". وهو في ذلك كله صادق، مع فارق بسيط يتمثل في أن الخلط ما بين المواد هنا هو مقصود وبمقادير معلومة ومحددة مسبقا، والهدف هو تكوين خليط له من الخصائص ما لا يجتمع لأي مكون من مكوناته، مما يتيح له أن يذهب إلى أبعد من الحدود المعهودة في غيره من المواد المعروفة.

وتتمثل التشكيلة الناجحة في التمكن من جعل خليط من المواد الصلبة ومن المدعمات الليفية تشتغل كلها مجتمعة، فتحقق في الآن نفسه التماسك الميكانيكي والمقاومة الكيميائية. ولنا من الطبيعة أمثلة رائعة في ذلك. فالنباتات أغلبها ذات طبيعة ليفية، وكثير منها يسلك سلوك المادة المركبة، خاصة الأشجار، حيث إن الخشب مثال جيد للمادة المركبة التي تجمع أمثل الجمع بين أنواع من أنسجة الدعم ومن المواد الصلبة الليفية، التي تجتمع كلها لتجعل من المزيج مادة مقاومة للإكراهات الميكانيكية والكيميائية التي تأتيها من محيطها الطبيعي.

---

(١٢) نص المحاضرة رقم ٢٨٢ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٨ أكتوبر ٢٠٠٠.

وقد لاحظ الإنسان ذلك من قديم الزمن، فراح يسعى إلى تقليده، مبتدئا بخلط المواد بألياف دون ترتيب ولا تنسيق، ومنتهيا إلى ترتيب الألياف في قلب المواد وتنسيقها تنسيقا. فقد خلط المصريون القدماء الطين بالقش كي يزيدوا الطوب تماسكا، فبقي الطوب بعدهم قرونا طويلة يصنع بالطريقة ذاتها. وجاء آباؤنا الأواخر فاخترعوا اللدين المسلح والخرسانة المسلحة وغيرها.

غير أن السباق إلى الفضاء، وما تولد عن المجهود العلمي والمادي الكبير المخصص للبرامج الصاروخية والفضائية من حاجة إلى مواد خفيفة وعالية المقاومة في آن، هو ما كان وراء تطور المواد المركبة منذ نحو ثلاثين عاما. ثم جاءت صناعة الطيران تطالب بحقها من هذه المواد، حتى أصبحت لدى البلدان المعنية صناعات حقيقية قائمة بذاتها في هذا المجال، تستند إلى قاعدة علمية وتكنولوجية هامة.

فأين يا ترى الأمور اليوم من هذا كله؟ الحق أنها تسير في تطور جيد وتعد بآمال باسمة. فإنتاج العالم من ألياف الكربون التي سنتناولها بالحديث كان في عام ١٩٩٩ يجاوز ٤٠ ٠٠٠ طن، مع استهلاك متساو آنذاك بين صناعة الطائرات وباقي التطبيقات الصناعية. وقد تضاعف ذلك الإنتاج بعدها بسنتين، علما أن حصة الطائرات زادت خلال ذلك لتصبح ضعف حصة التطبيقات الأخرى. فخُمس جسم طائرة أيرباص الفرنسية مصنوع من المواد المركبة، وترتفع هذه النسبة لتبلغ ٢٥% في طائرات حديثة مثل طائرة رافال أو فانتوم ٢٢ الأمريكية، مقابل ١٠% فقط في طائرة ميراج ٢٠٠٠ المنتمية إلى الجيل السابق من الطائرات. كما أن كبار الصانعين أقاموا الدليل على إمكان صناعة هياكل السفن بل وحتى أشرعتها من مواد مركبة.

لكن لنعد إلى أبجديات المواد المركبة.

المادة المركبة مادة تتكون من أطوار مختلفة فيزيائيا تضطلع بدور الدعم، موزعة في قلب طور متصل عموما، يدعى القالب الأصل matrice. ويمكن للأطوار الموزعة الداعمة أن تكون على شكل شعيرات أو صُفيحات أو ألياف

قصيرة، وخير منها الألياف الطويلة الممتدة على طول القالب الأصـــل وعرضـــه على شكل نسيج يشد عضده. وأهم خصائص مثل هذه المواد ما تتميـــز بـــه مـــن مقاومة ميكانيكية كبيرة. فحين تتعرض قطعة منها لإكراه ميكانيكي، فإن الأليـــاف الداعمة تقاوم ذلك الإكراه وتنقل جزءا منه إلى القالب الأصل الذي هي مثبتة عليه، والذي يكون في الغالب أكثر مرونة من الألياف الداعمة، فيعـــوج ويتكيـــف مـــع الضغط، موزعا الإكراه توزيعا جيدا بين أجزائه، مما ينتج عنه قـــدر كبيـــر مـــن الثبات والمقاومة.

ويمكن للألياف الداعمة والقالب الأصل أن يكونا مختلفين كيميائيا، إذ يمكـــن أن يكون كل منهما مصنوعا من مادة مكثفة أو خزفية أو حتى معدنية، شريطة أن يكون الزوج المختار متناسبا، وأن لا تقع بين الاثنين تفاعلات كيميائية ضارة أثناء تصنيعهما أو أثناء الحياة العملية للمادة المركبة المصنوعة منهما.

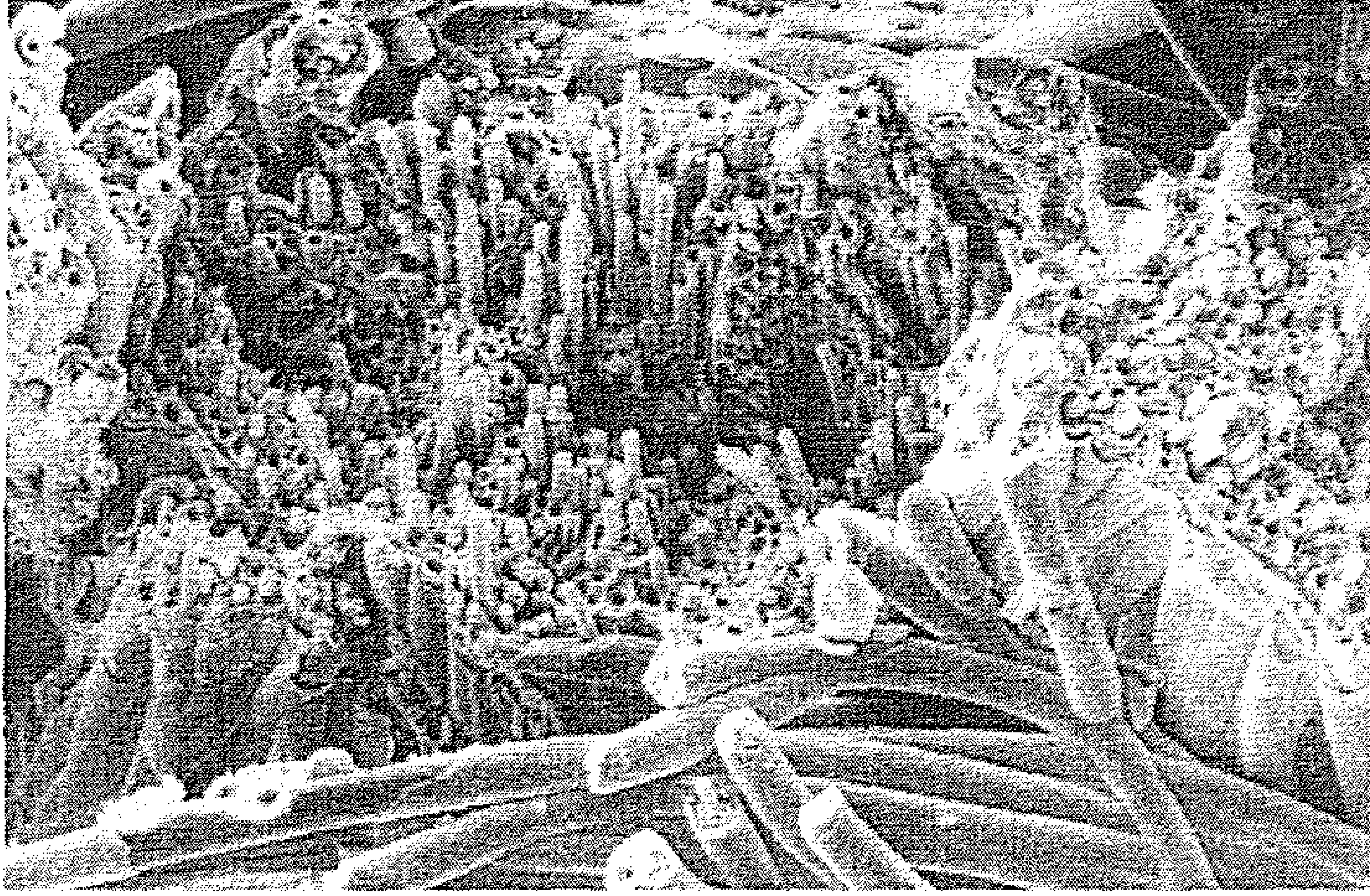
وقد جرت العادة أن تدعى كل مادة مركبة باسمين متتـــاليين يـــدلان علـــى طبيعة الألياف الداعمة ثم طبيعة القالب الأصل. فنتحدث مثلا عن مـــادة زجـــاج-إيبوكسيد، للإشارة إلى مادة مركبة تتكون من الزجاج ومـــن صـــمغ الإيبوكســـيد المكثف، أو كربون-إيبوكسيد أو غير ذلك من المواد. ومركبات الكربون هي إلـــى حد اليوم خيرها جميعا، وهي الأكثر استعمالا في صناعة الطائرات والصـــواريخ. وغني عن البيان أن قالبها الأصل المصنوع من مـــواد مكثفـــة يجعلهـــا ضـــعيفة المقاومة للحرارة.

ونذكر من المواد المركبة أيضا تلك التي تتكون مـــن الخـــزف والمعـــدن، وبخاصة منها المركبة من ألياف كربونات السلسيوم وقالب أصل من التيتان، وهي مركبات واعدة، حيث إن مقاومتها للحرارة تقارب مقاومة المعادن.

هناك أيضا مركبات كربون-كربون، وكربون-خزف، وكذا خزف-خزف، حين تكون الألياف الداعمة والقوالب الأصل مصنوعة كلها من المواد المـــذكورة. وهي جميعا قادرة على تحمل درجات عالية من الحرارة.

المواد المركبة حرارية البنية (شكل ١)

لنذكر بادئ ذي بدء ببعض الخصائص الأساس في عائلة الخزفيات. فنقطة الانصهار في هذه المواد مرتفعة (٢٠٠٠ درجة مئوية)، مما يجعلها أكثر مقاومة للحرارة من الصلب والتيتان. فالكربون يتكثف se sublime عند حرارة ٣٦٠٠ مئوية. والوزن النوعي ضعيف، إذ يقل عن ٤ بالنسبة إلى الألومين، وعن ٣،٥ بالنسبة إلى كربونات السيليسيوم، وعن ٢ بالنسبة إلى الكربون. وهي كلها معطيات واعدة في مجال المزاوجة بين خفة الوزن ومقاومة الحرارة، وذلك ما يحلم به كل العاملين في مجال صناعة الطائرات والصناعات المتصلة بالفضاء.



شكل ١: تدعيم ليفي

غير أنه يتعين قبل ذلك أن تتوفر الخصائص الميكانيكية المناسبة أيضا. فإذا كانت المقاومة الميكانيكية لدى الخزف جيدة، فإن قدرتها على الاستطالة ضعيفة. فهي تجمع بين صلادة تفوق صلادة أنواع الصلب المعروفة بضعف إلى خمسة أضعاف، وهشاشة تجعلها لا تحتمل الصدمات، فتتكسر حيث لا يُنتظر منها

انكسار. وذاك عيب اجتهد آباؤنا من الصانعين طيلة آلاف السنين في التخلص منه فما استطاعوا إلا قليلا، وهو عيب يحول دون استعمال الخزفيات في كثير من التطبيقات.

لذلك فمن أجل الاستفادة من الخصائص الاستثنائية التي يتمتع بها الخزف (من صبر على الحرارة وخفة وزن وخمول كيميائي وصلابة ومقاومة للتآكل الفيزيائي والكيميائي)، يقوم الصانعون بتقويته بواسطة أنسجة خزفية، فيصنعون لأجل ذلك ألياف دعم من الخزف وقوالب أصولا من الخزف، أي أنهم يصنعون مواد مركبة خزف–خزف، وهي ما ندعوه بالمواد المركبة حرارية البنية.

ولنذكر مرة أخرى بسبب وجود هذه المركبات: ما الحاجة إلى مركبات أليافها وقوالبها الأصل كلها من الكربون أو الخزف؟ والجواب: لأجل الاستجابة لمقتضيات الميكانيكا الحرارية.

وأول تلك المقتضيات هو القدرة على احتمال درجات حرارة تفوق الألف درجة مئوية، وذلك ما تعجز عنه الغالبية العظمى من المواد المركبة والمواد عامة، طبيعية كانت أم مصنعة. وأما المقتضى الثاني، فهو الاستجابة للإكراهات الميكانيكية استجابة أفضل من استجابة الرصاص والخزف وحيد الحجر، التي لا تحتمل الصدمات الحرارية ولا الميكانيكية. وأما الثالث فهو أن تفعل ذلك بأخف مما تفعله المعادن المقاومة، وهو ما يكون أيسر كلما كانت الحرارة أكثر ارتفاعا.

بذلك تتضح معالم الغاية التي لأجلها تصنع المواد المركبة حرارية البنية: لأجل أن تجمع بين خفة المادة المركبة وتَسلُّحها، وبين صلادة الخزف ومقاومته.

لقد كانت الحاجة الإستراتيجية إلى صواريخ عابرة للقارات وراء ميلاد وتطوير المواد المركبة من نوع كربون–كربون، وكان أبوها وأمها أنابيب ومداخل محركات تلك الصواريخ. وقد استجابت المركبات كربون–كربون استجابة جيدة لما كان ينتظره منها رواد صناعة المواد المركبة حرارية البنية، وإن تكن تلك

الاستجابة لاستعمال واحد فقط، ولمدة قصيرة (بضع دقائق)، وفي جـو يقـل فيـه الأكسجين أو ينعدم.

والحق أن الخاصية التي يجد فيها الفحامون فائدةً، هي خاصيةٌ تعد بالنسـبة إلينا نحن مصيبة. فالفحم لسوء حظنا يحترق، أي أنه يتأكسد، وهو يفعل ذلك ببطء لكن بإصرار لا يريم، ولولا ذلك لكان المركب كربون-كربون خيرَ مادة لصـناعة المركبات حرارية البنية. غير أن الكربون رغم عيبه هذا يُسـتعمل علـى شـكل كربونات السلسيوم، وذلك لحسن جمعه بين المقاومة الميكانيكية والكثافة ومقاومـة التأكسد.

وقد رأت المواد المركبة ذات القالـب الأصـل المكـون مـن كربونـات السيليسيوم، رأت النور في فرنسا، وبالضبط في مدينـة بـوردو فـي منتصـف السبعينات من القرن المنصرم، على يد الباحثين في المعهـد الـوطني للدراسـات الفضائية CNRS، الذين كانوا يشتغلون منذ ذلك الزمن فـي تعـاون وثيـق مـع المختصين بصناعة الصواريخ والمحركات الدافعة. وقد اهتمت مختبرات عديدة منذ ذلك الزمن بدراسة هذه المركبات، وخصوصا في الولايـات المتحـدة الأمريكيـة واليابان وألمانيا. ورغم ذلك لا تزال فرنسا تحتفظ بالريادة في هذا المجـال، إذ إن البروفيسور Roger Naslain مدير مختبر المواد المركبة حرارية البنية، يعد إلـى اليوم مرجعا بين زملائه في جميع أرجاء العالم.

لكن ما هي التطبيقات الإستراتيجية التي تقوم عليها تكنولوجيا هذه المركبات خزف-خزف؟

أما أولى القاطرات التكنولوجية فهي المحركات الصاروخية الدافعة، والتـي تجعلها هذه المواد أقل استهلاكا للطاقة وأقل تلويثا وضجيجا في آن.

وأما ثانية القاطرات، فهي طائرات المستقبل التي ستتيح للإنسان الذهاب إلى الفضاء والرجوع منه مرات متعددة، مما يستدعي أن يكون هيكلهـا ومحركاتهـا جميعا ذات مقاومة للحرارة الشديدة ومأمونة وخفيفة في آن.

وبين هذا وذاك، ظهرت سوق جديدة وكبيرة لمثل هذه المــواد. فـــالكربون يتميز بعامل احتكاك ليس جيدا فحسب، بل إنـــه يتحســـن كلمـــا ازدادت الحـــرارة ارتفاعا... لذلك فإن أنظمة الفرملة المعتمدة على الكربون سرعان ما شرعت تحل محل نظيرتها المعدنية، بدءا بالطائرات العسكرية ثم المدنية، فكان فـــي اســـتعمالها خفة وزن وزيادة في الأمان. وقد جاوز الإنتاج العالمي من أســـطوانات الكـــوابح الكربونية ١٠٠٠ طن سنويا، وهو إنتاج تضاعف في مدى خمس سنوات فحسب، وهو مرشح للمزيد، خصوصا وأن الكربون أصبح مـــن الآن فصـــاعدا ذا قـــدرة تنافسية كبيرة في هذا النوع من التطبيقات.

لنر الآن كيف تجري صناعة المواد المركبة حرارية البنية، وكيـــف تعمـــل هذه المواد.

ألياف وأنسجة

يبدأ كل شيء مع الألياف – ومن الأفضل أن تكون طويلة – حيث لا غنـــى عنها للنسيج ومن ثمة لكل مادة مركبة عالية الجودة.

يمكن صناعة ألياف الكربون (شكل ٢) انطلاقا من عدد من المواد الأوليـــة، لكن الطريقة تبقى في مجملها واحدة، حيث تؤخذ ألياف من مادة مكثفة، فتعـــرض لعملية حل حراري في جو متحكَّم في مكوناته لزيادة مقاومتها. بعد ذلك يمكـــن أن تجري معالجتها معالجة حرارية حتى ٣٠٠٠ درجة مئوية. فإذا نظرنا إليها وجدنا أنها تتكون من حزم طويلة من مادة الغرافيت، مرتبطة بعضها ببعض حسب بنيـــة موازية لمحور الليف، وهو ما يفسر تميز الألياف بكونها متباينة الخصائص.



شكل ٢: ليف كربوني

يجري تصنيع ألياف كربونات السيليسيوم انطلاقا من مادة مكثفة، هي في العادة مادة بوليكاربوسيلان، التي يجري تذويبها ثم غزلها خيوطا، ثم يجري بعد ذلك تشبيكها وتحليلها حراريا لتعطينا كربونات السيليسيوم. ويمكن استعمال الألياف المحصل عليها عندئذ في درجات حرارة تراوح بين ١٠٠٠ و ١٥٠٠ درجة مئوية، علما أن الكربون يتأكسد في العادة عند حدود ٥٠٠ درجة فقط.

علاوة على ذلك، فإن ألياف الكربون وكربونات السيليسيوم تتمتع بمقاومة للشد تزيد أربعا إلى ست مرات عنها في الصلب، غير أنها في مقابل ذلك عديمة المرونة، إذ تتكسر لأقل التواء، في حين تمتاز المعادن عموما بقدر جيد من اللدونة.

ويجري تجميع هذه الألياف (التي يتراوح قطرها ما بين ٥ و١٠ أجزاء من المليار من المتر) على شكل حبال يتكون كل منها من بضعة آلاف ليف. وقد استعمل الناس طويلا هذه الحبال المتكونة من ١٠٠٠ إلى ١٢٠٠٠ ليف، ويتجه الخبراء اليوم إلى زيادة عدد الألياف في كل حبل قصد التخفيض من الكلفة.

انطلاقا من هذه الحبال وحسب القِطع المطلوب صنعها، فإنه من المناسب العمل على تدعيم المادة المركبة بواسطة نموذج نسيجي مقاوم لحقل الإكراهات التي ستتعرض لها القطعة أثناء العمل، والاجتهاد في الاقتراب ما أمكن من الشكل النهائي الذي ستتخذه، وهو ما سيجعل الصانع ينسج الحبال أو يظفرها أو يشبكها أو يلفها لفافات أو غيرها من النماذج.

ويبقى عليه بعد ذلك أن يجتهد في تفادي انزلاق الطبقات غير المرتبطة فيما بينها. وقد ابتدع الصانعون في هذا المجال طرائق عديدة، فنسجوا في اتجاه الأبعاد الثلاثة على آلات نسج معقدة، ثم زادوا ففتلوا في أربعة اتجاهات (لا أبعاد)، ليصنعوا قطعا معدة للاستعمال في ظروف قصوى، غير أن هذا الوسائل كلها باهظة التكاليف.

لكن في مقابل ذلك، فإن طريقة التشبيك القائمة على إيلاج الألياف في جسم الشكل الأولي بواسطة إبر مسننة، تبقى طريقة اقتصادية بما يكفي لجعلها صناعية. وقد فرضت نفسها في حالات عديدة في صناعة الأشكال الأولية المكونة من حبال الكربون. وهي إذ تصنع بطريقة تشبه طريقة صناعة البسط، أي باستعمال مشط عريض ذي أسنان معدنية، فإنها سهلة التطبيق وتنتج أليافا من مركب كربون-كربون بكلفة اقتصادية.

وهناك طريقة واعدة أخرى، هي طريقة النسج المتداخل، حيث تشد عضدَ القطعة المصنوعة حبالٌ يربط كل منها بين طبقات عديدة من النسيج الداخلي، وهي طريقة مستعملة في القطع التي يدخل في تصنيعها الخزف المعروف بعدم احتماله لتقنية الإبر.

القوالب الأصل والأطوار البينية

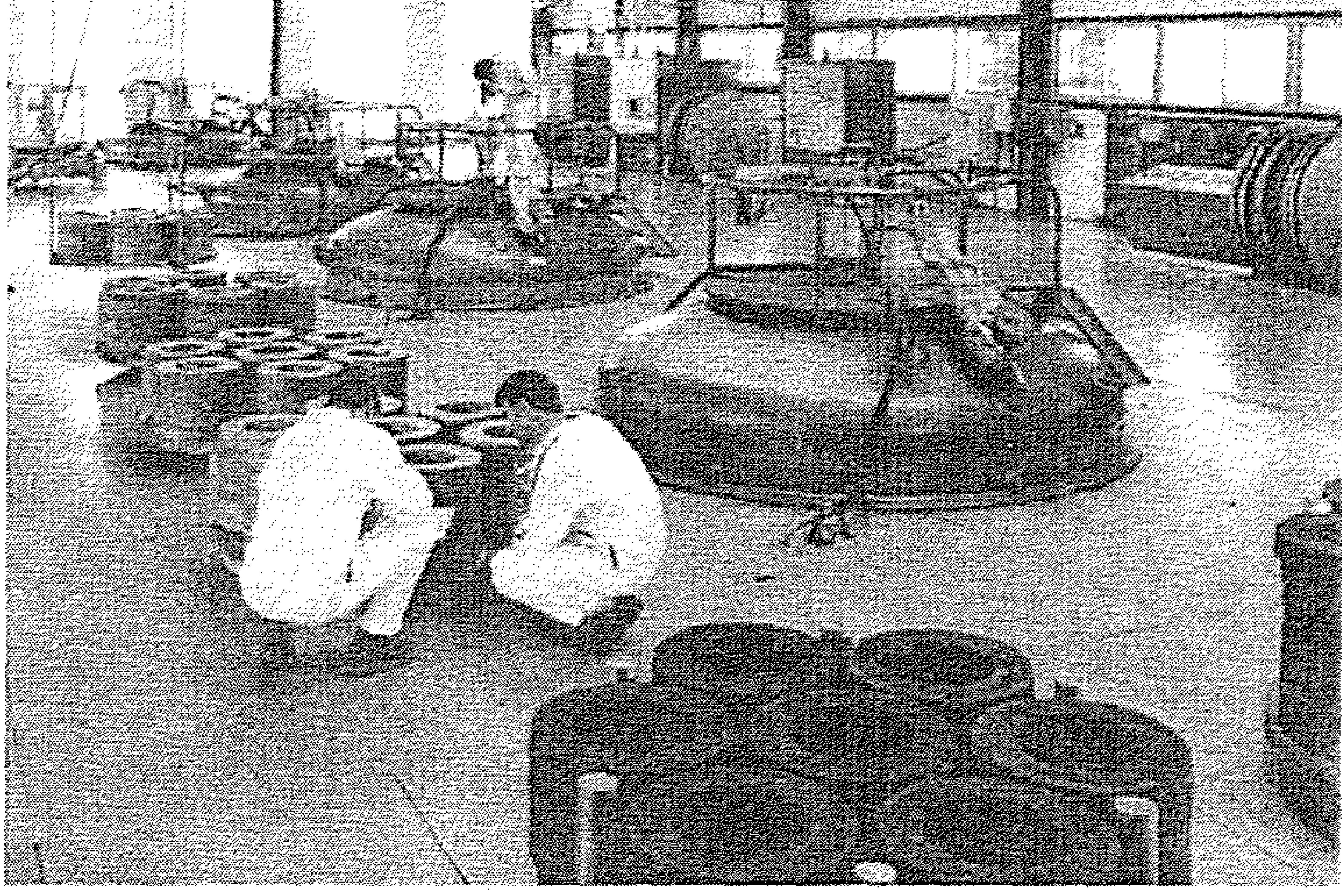
لنر الآن كيف تصنع القوالب الأصل.

في لغة التقنيين، يطلق اسم "التكثيف" على عملية إفراغ مادة معينة في قالب لملء ذلك القالب. وهي عملية يمكنها أن تجرى عبر الطريق السائلة أو الغازية أو عبرهما معا.

فأما التكثيف عبر الطريق السائلة فيتمثل في تشريب الشكل الأولـــي الليفـــي مادةً مكثفة منصهرة أو مذابة، ثم تعرض القطعة المحصل عليها للتحليل الحراري، فتتحلل المادة المكثفة لتعطي خزفا يملأ الشكل الأولي، ومواد طيـــارة لا تلبـــث أن تتبخر لتترك في مكانها مساما. وتعاد العملية إلى أن تمتلئ تلك المسام بدرجة كافية وتبلغ القطعة المصنعة الكثافة المنشودة.

وأما التكثيف عبر الطريق الغازية فهو أكثر التقنيات اســتعمالا. فـــي هـــذه الحالة يوضع الشكل الأولي في فرن وترفع حرارته إلى نحو ١٠٠٠ درجة مئوية، ويعرض لسيل من المواد الأولية في شكل غازات، مثل الميثان والبروبان بالنســبة إلى قوالب الكربون، أو ميثيلتريكلوروســيلان بالنســبة إلـــى قوالـــب كربونـــات السيلسيوم. وينتشر الغاز فيملأ مسام الشكل الأولي واضعا بذلك القالب الأصل فوق الألياف، وهي ما يسمى بالتسريب الكيميائي في الطور الغازي.

يتضح من هذا أن عملية تكثيف المواد المركبة حراريةِ البنية عمليةٌ تعد من صميم الصناعة الثقيلة، شبيهة بصناعة الصلب، بما تستدعيه مـــن أفـــران عاليـــة الحرارة تشتغل في ضغط منخفض، وما تستعمله من مواد شديدة التفاعل فيما بينها، يستدعي استعمالها اتخاذ الكثير من الاحتياطات الأمنية والوقائية. وتتميز عمليـــات التكثيف بكونها تستدعي بقاء المادة المصنعة مدة طويلة في الأفران، ممـــا يتطلـــب تشغيل هذه الأخيرة تشغيلا مستمرا لا انقطاع له. والنتيجة أن الاستعمال الأمثل لليد العاملة يقتضي إقامة وحدات مجهزة بأفران يجري تشـــــغيلها وتوقيفهـــا تناوبـــا (شكل ٣).

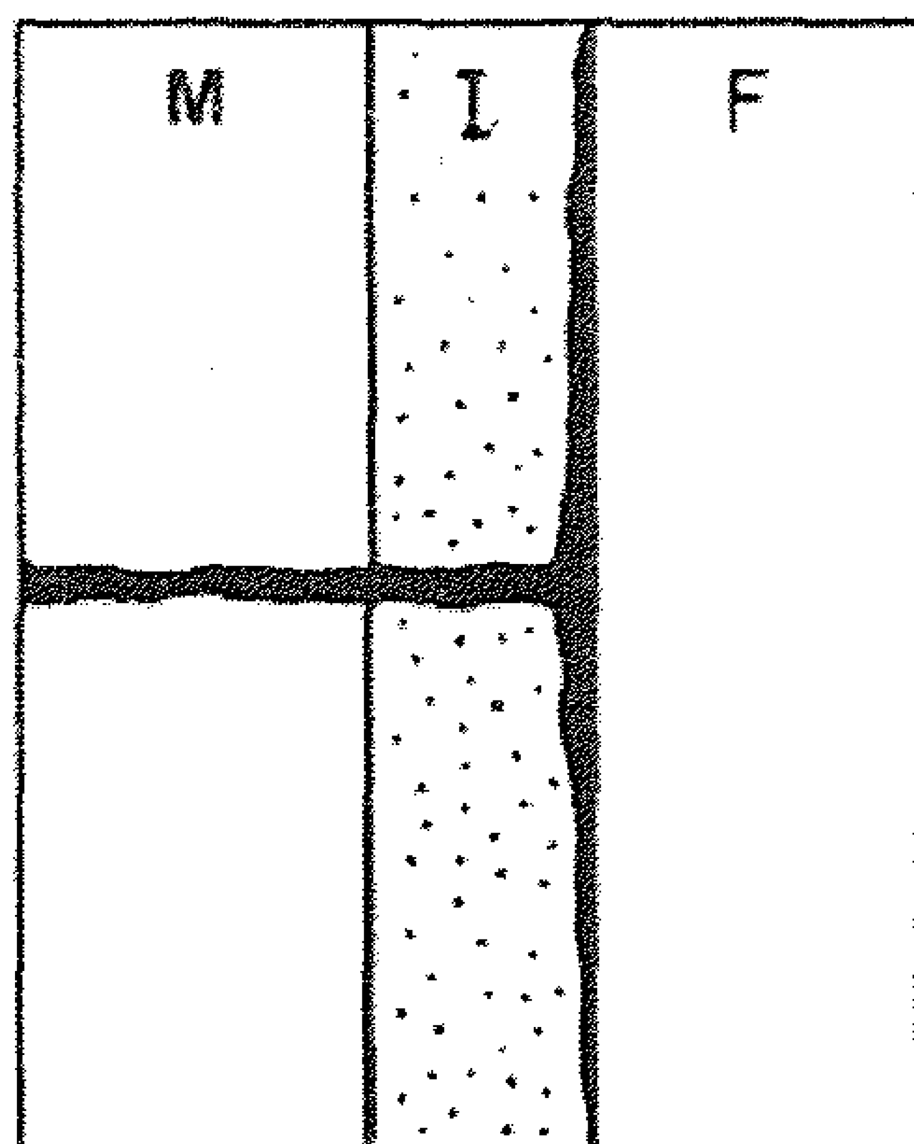


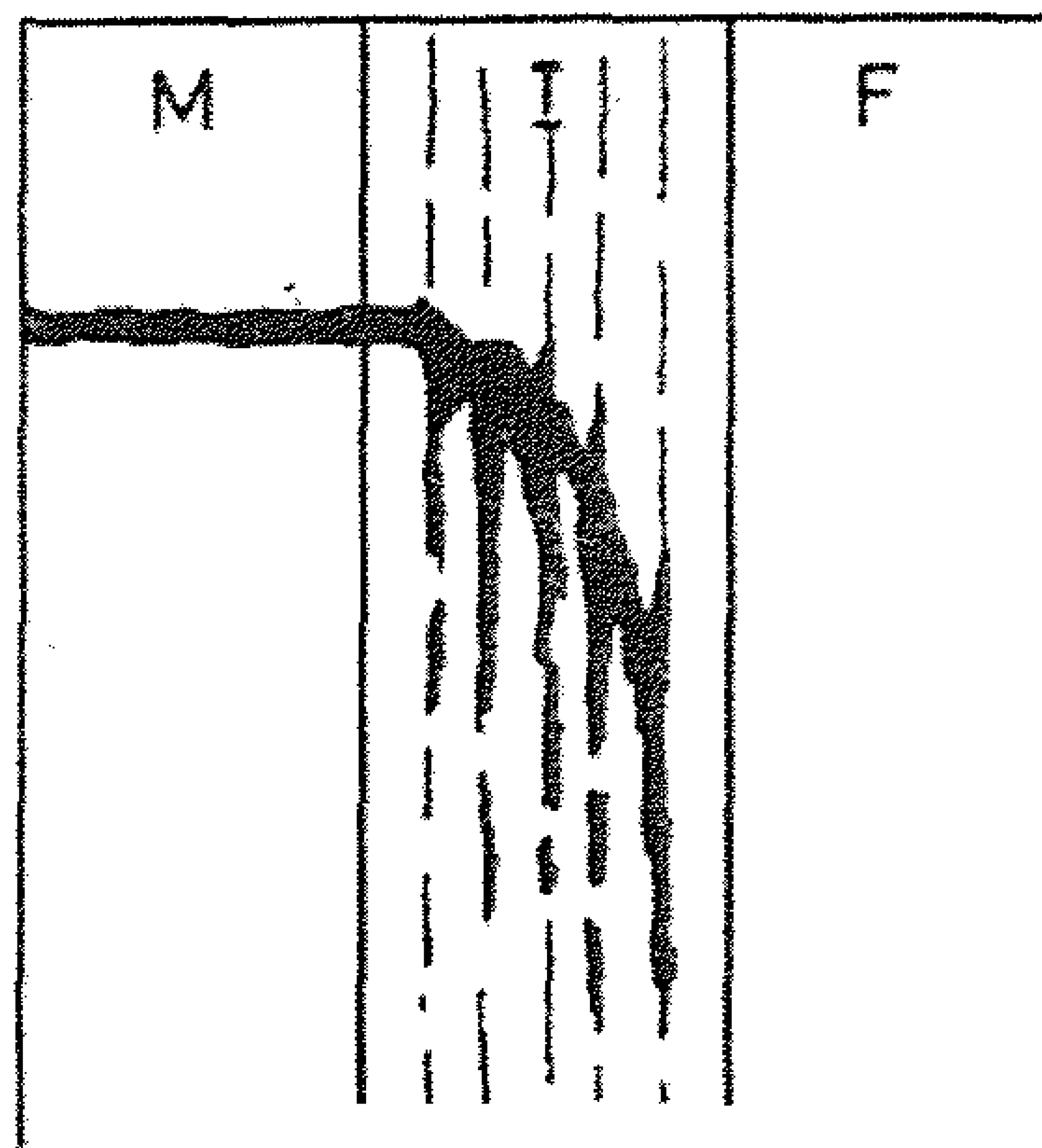
شكل ٣: معمل تكثيف

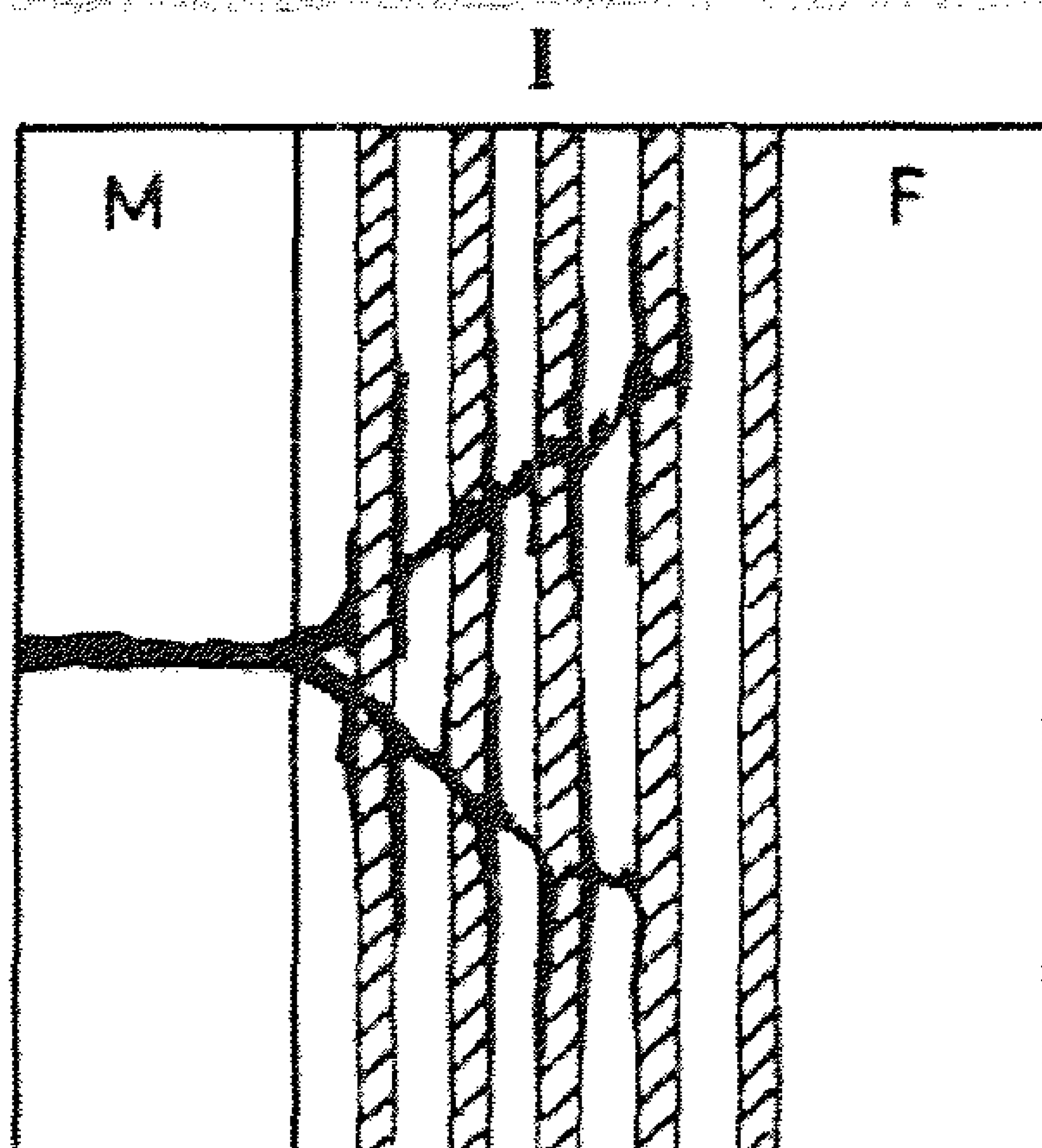
رغم كون التكثيف عبر الطريق الغازية عملية بطيئة تستدعي وقتا طويلا، فإن هذه التقنية تعد تقنية صناعية جيدة. فهي تتميز عن غيرها من الطرق في كونها تتكيف، دونما تغيير في التجهيزات ولا آليات معقدة، مع أشكال وأعداد مختلفة من القطع المراد صنعها. وهي في الآن نفسه طريقة طيعة يمكن استعمالها لصنع القطع التجريبية التي تصنع منفردة، وكذا لصنع العدد التجاري الكبير منها. ولا نبالغ إذا قلنا إنها أكثر الطرق استعمالا بكثير منذ حوالي ثلاثين عاما.

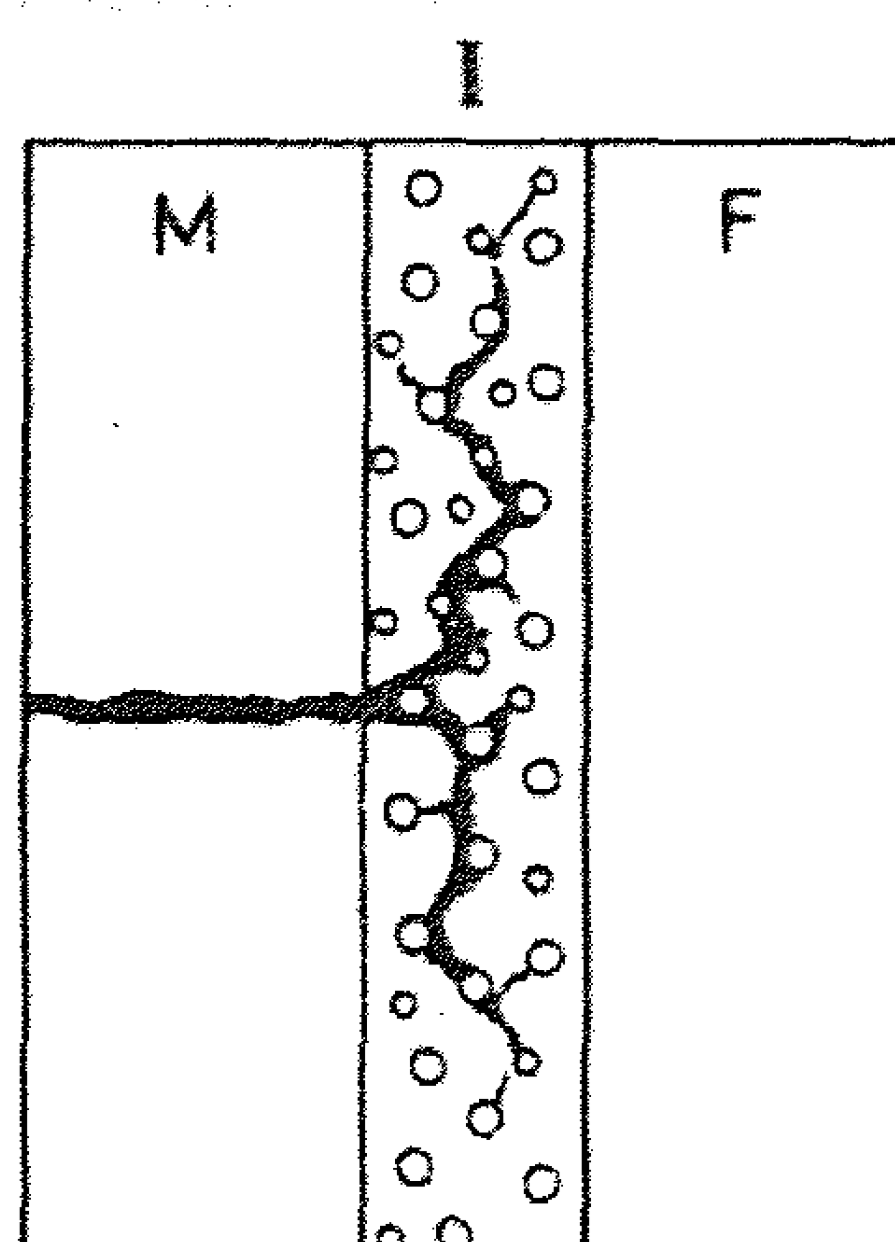
ولننظر الآن في المسالة الأساس، مسألة سلوك مادة مركبة ذات قالب أصل من الخزف. وهو في الواقع سلوك غريب يرتبط بكون الألياف الخزفية هشة ومثلها في هشاشتها القالب الأصل الخزفي أيضا، في حين أن الهدف المعلن هو بطبيعة الحال الحصول على مادة مركبة حرارية البنية غير هشة. أضف إلى ذلك ما ذكرناه آنفا من أن مبدأ المادة المركبة يقوم على أساس توزيع الإكراهات الذي يضطلع به قالب أصل أكثر مرونة وأقل صلادة من ألياف الدعم.

غير أنه لسوء الحظ فإن قدرة القوالب الأصل المتوفرة اليوم على الالتـــواء دون انكسار هي أقل من قدرة الألياف. فما العمل إذن مع قالب أصل صلد وهــش، من شأنه متى انكسر أن يتسبب في تشقق الألياف التي تقاربه هشاشة؟ تجلت قــدرة الصانعين الخلاقة هنا في العمل على ربط الألياف الداعمة إلــى القالــب الأصــل بواسطة مادة ثالثة سموها الطور البيني. ويتعلق الأمر بإضافة مادة تضطلع بــدور توزيع الإكراهات والتشققات كما كان القالب الأصل سيفعل لو كان مرنــا. فحــين تتعرض المادة المركبة للإكراه، فإن مادة الطور البيني تشتت الشقوق التي تظهــر في القالب الأصل، فتمنعها من شق الألياف، التي يمكنها بذلك أن تستمر في تأديــة وظيفتها، تاركة القالب الأصل يواصل التشقق وحده (شكل ٤).







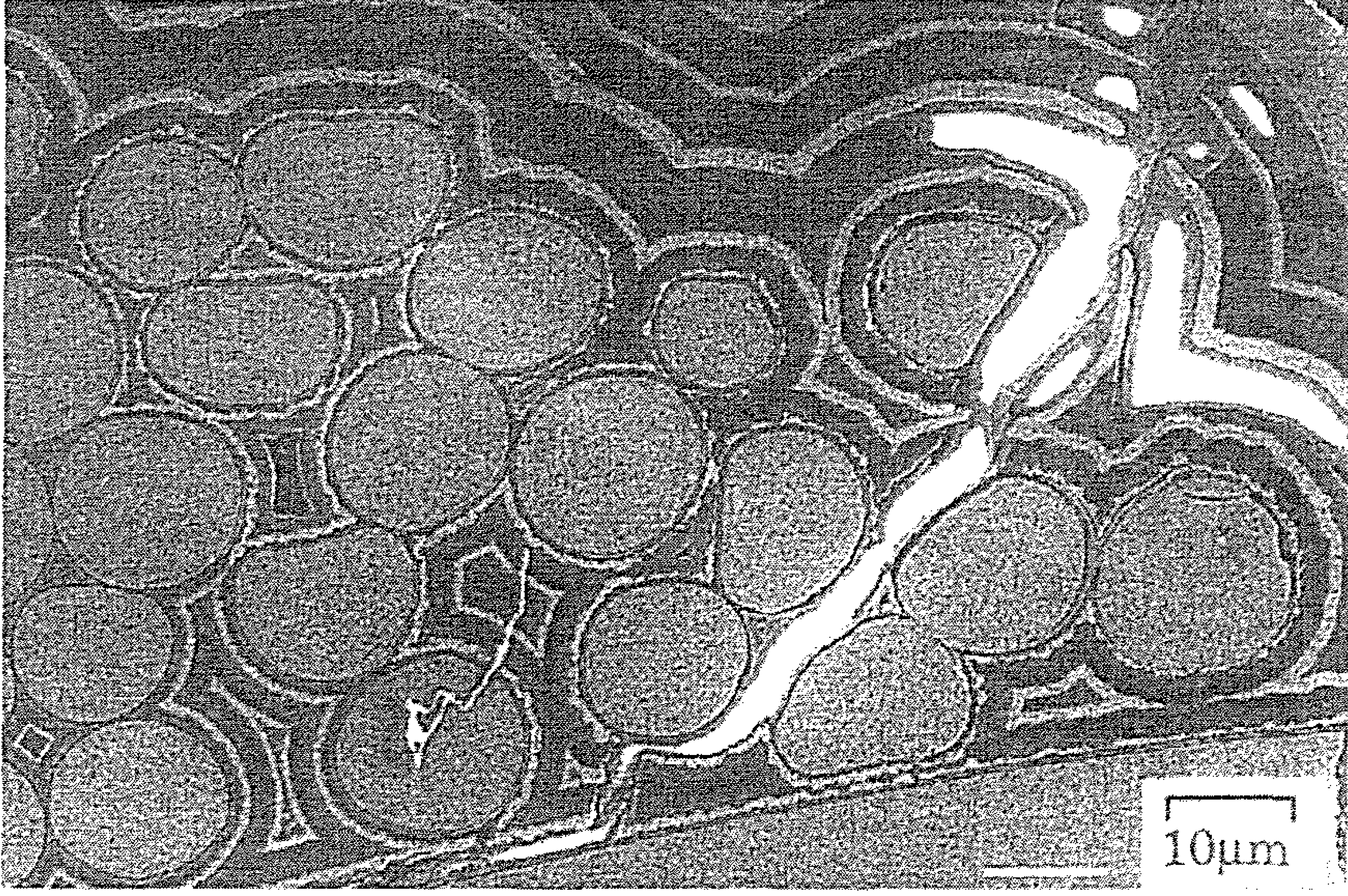


شكل ٤: الأطوار البينية

وقد استدعى فهم هذه الظواهر عملا طويلا وشاقا من البحث والتجريب، قبل أن يستطيع الصانعون الوصول إلى التحكم في الأطوار البينية والاستفادة منها استفادة مثلى. فهذه المادة ينبغي أن تلتصق بالألياف التصاقا حميما، حتى يتسرب التشقق إلى جسمها دون سطح الألياف، وينبغي لها أن تكون من القوة بما يتيح لها توزيع الإكراهات بين القالب الأصل والألياف، ومن الضعف بما يمكنها من الاضطلاع بدور الوسيط.

وقد بينت التجربة أن الأطوار البينية المصنوعة على شكل رقائق تحسن بكثير من فعالية المادة المركبة، بفضل تعدد الطرق التي تتخذها التشققات، مما يحد من ضررها. والنوع التقليدي المستعمل منها هو المتكون من طبقات متراكبة من البيروكربون تحيط بالألياف. غير أن عيب هذه المادة الأخيرة يكمن في كونها حساسة للتأكسد، الذي يبدأ في حدود ٥٠٠ درجة مئوية.

ذلك ما دفع التقنيين، كي يتفادوا اختفاء الطور البيني رويدا، إلى صنع هذه المادة بطريقة تعطيها نوعا من القدرة على إصلاح نفسها، وذلك عبر تطعيمها بطبقات من مادة ذات قدرة تكيف ميكانيكية مثل البيروكربون، أو من مادة مولدة للزجاج مثل كربونات السيليسيوم. فالزجاج الذي يتكون في درجات الحرارة العالية يحمي البيروكربون من التأكسد. وقد جرى اعتماد المبدأ نفسه في صناعة قوالب أصل ذاتية الإصلاح. وما لا شك فيه أن هذه المواد البينية متعددة الطبقات تمثل قفزة مهمة نحو صناعة مركبات خزف-خزف قادرة على الاشتغال لمدة طويلة في جو مؤكسد (شكل ٥).

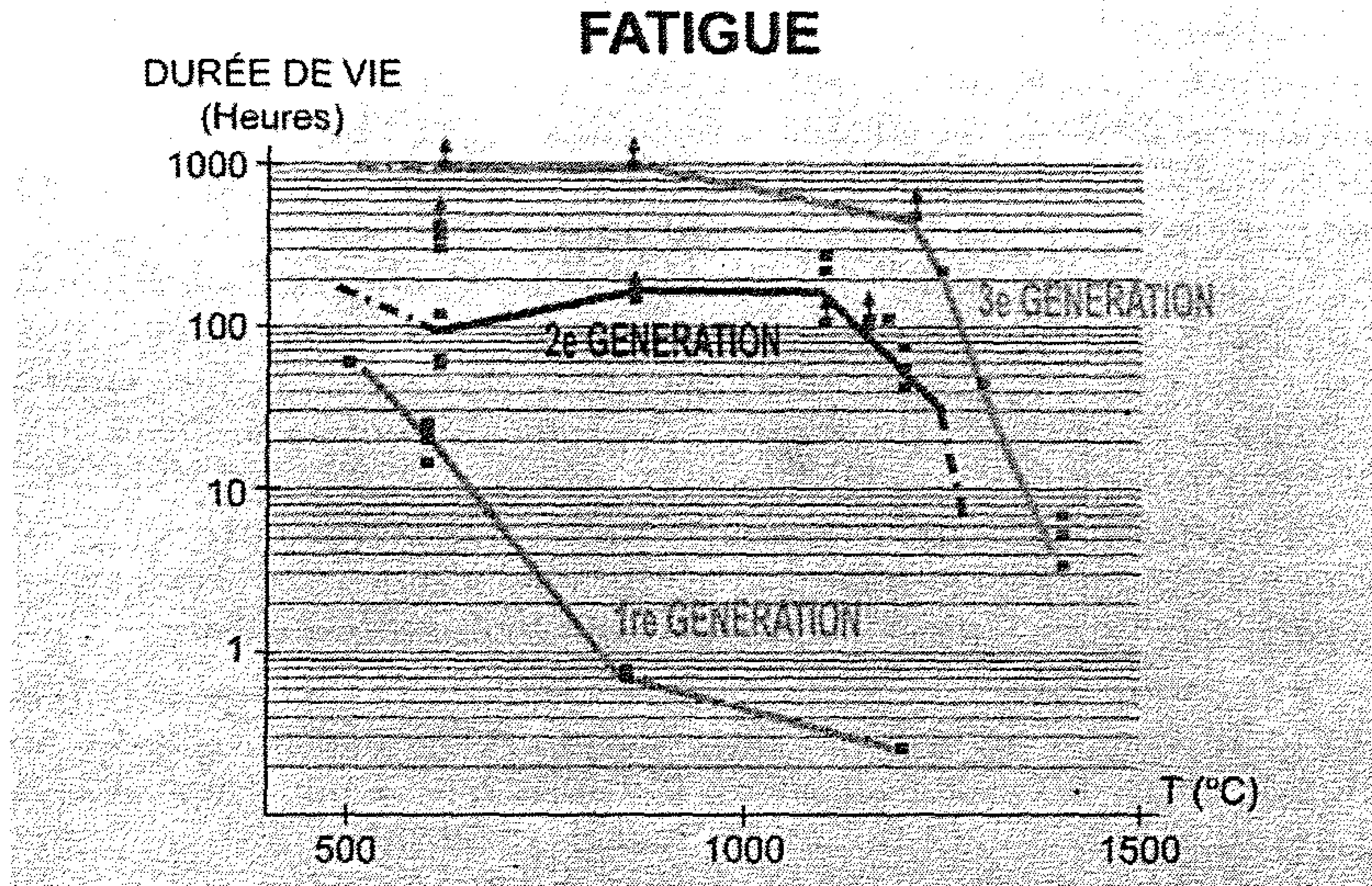


شكل (٥) الالتئام الذاتي للشقوق

النتائج

لكن كيف السبيل إلى تقييم بسيط للنتائج المحصل عليها بفضل هذه الإبداعات التقنية، التي يجمل أن نضيف إليها كل التطورات المتحققة في مجال ألياف كربونات السيليسيوم؟ يمكن ذلك مثلا عبر قياس التقدم الذي تحقق مقارنة بالجيل الأول من هذه المواد، جيل مشروع الحائم الفضائي Hermès، وذلك على أساس المعيار الرئيس المتمثل في العمر المفترض لمركب من خزف-خزف، معرض في جو مؤكسد لدورات متتالية من الإكراهات. فالجيل الثاني أدمج التطورات المحققة في الأطوار البينية كما في القالب الأصل، وزاد عليه الجيل الثالث بإدماج نظيرتها المحققة في مجال الألياف والأنسجة. وهكذا فإن القطع التي كانت لا تتحمل ظروفا شديدة القسوة تحت حرارة ٥٠٠ درجة مئوية أكثر من ستين ساعة، أصبحت الآن تتحملها لمدد تناهز الألف من الساعات (بفضل التقدم المحقق

في مجال ميكانيكا الألياف والأطوار البينية)، بل وتفعل ذلك تحت درجات حرارة تناهز ١٢٠٠ درجة مئوية (بفضل ما تحقق من تقدم في وسائل محاربة تأكسد الأطوار البينية والقوالب الأصل) (شكل ٦).



شكل ٦: قياس الإجهاد في مركب SIC-SiC

تمثل المواد المركبة خزف-خزف استثناء بين المواد المركبة جميعا، فهي "مركبات مقلوبة"، كما يقول Roger Naslain، إذ تمثل بشكل من الأشكال شذوذا عن القاعدة الطبيعية. وقد تخيلتم دون شك ما استدعاه هذا التطوير من جهود مضنية ومن عمل متواصل. ولا شك أنكم قد تبينتم كيف أن تطوير هذه الحوصلة الصناعية التي تجمع ما بين صناعات النسيج والكيمياء والتعدين والميكانيكا، يستدعي لا فحسب كفاءة عالية في كل واحد من هذه التخصصات، بل وكذلك مقاربة احترافية متعددة الجوانب.

خاتمة

تمثل كلفة صناعة المواد المركبة حرارية البنية عائقا يقف دون انتشارها خارج الدائرة الإستراتيجية التي بقيت حبيستها حتى اليوم. لذلك تبذل جهود كبيرة في مختبرات وبرامج أمريكية كثيرة تحتضنها مؤسسات حكومية، نذكر من بينها برنامج DoE الذي تدعمه وزارة الطاقة هناك، والذي يجمع بين جامعيين وصناعيين، ويهدف إلى تطوير مواد مركبة اقتصادية، تساعد في الخفض من استهلاك الطاقة ومن نسبة التلوث. فقد رأينا كيف أن المركبات حراريةَ البنيةِ تتيح، بفضل احتمالها للحرارة، خفضا أكثر لحرارة التربينات، مما يسمح بدورات حرارية أكثر فعالية من حيث استهلاك المحروق كما من حيث التلوث. وحسب الأمريكيين فإن الربح المتوقع تحقيقه في حال النجاح في ذلك هائل، حيث يتوقعون في نهاية فترة هذا البرنامج الإعدادية في أفق عام ٢٠١٠، أن يتيح ذلك اقتصاد ما يعادل ٦٣٠ مليار كيلووات-ساعة من الطاقة بالنسبة إلى الولايات المتحدة وحدها (أي ما يعادل الاستهلاك السنوي لمنطقة أيل دو فرانس المحيطة بالعاصمة الفرنسية)، مما يعني اقتصاد ثمانية مليارات من الدولارات سنويا (أي ما يعادل ميزانية البحث العلمي في فرنسا)، وتخفيض كمية أكسيدات الكربون المنبعثة بمقدار ١٢٠ مليون طن (أي ما يعادل ما ينبعث من منطقة أيل دو فرانس الفرنسية كلها).

وبانتظار ذلك، فلنذكر أن مجال المركبات حرارية البنية هو مجال أساس استراتيجي وواعد صناعيا، كما أنه يمثل بالنسبة إلى فرنسا ورقة رابحة في ميدان المنافسة والتعاون الدوليين، اللذين يعملان اليوم وسيعملان في المستقبل على جعل الميكانيكا الحرارية أفضل إنجازا وأطول عمرا وأقل تلويثا وضجيجا، وبوجه عام أدنى كلفة.

الزجاج والكيمياء اللطيفة[١٣]

بقلم جاك ليڤاج
Jacques LIVAGE

من فن التحكم في النار إلى الكيمياء اللطيفة

ارتبط تطور البشرية منذ فجر التاريخ بتطوير الإنسان للمواد المحيطة بــه. فلولا أن نجح الإنسان الصانع homo habilis في نحت حجر الصوان، لما تحــول هذا الحجر من مادة كغيرها من المواد إلى أداة بإمكانها أن تقطع وتثقب وتكشــط. لكن التطور الأهم حدث عندما استطاع الإنسان التحكم في النار وتطويعها، بما أتاح له أن يحول مادة طبيعية مثل الدهنج أو بيريت النحاس إلى نحاس معــدني صــالح للاستعمال. بل لم يلبث أن اكتشف أن هذا النحاس يمكن صهره وإفراغه في قوالب من أجل صناعة أدوات مختلفة الأشكال والاستعمالات، فكــان فــي ذلــك مــيلاد التعدين... ولم تمض نحو عشرة قرون أخرى حتى اكتشف الإنسان أنــه بإضــافة بعض القصدير إلى النحاس عند إذابته، يحصل على البرونز، وهو معدن أصــلب من النحاس وأكثر تحملا. هكذا انتقلت البشرية من العصر النحاسي إلــى العصــر البرونزي فالحديدي وهكذا دواليك، تبعا لدرجات الحرارة التي أتاحت زيادة التحكم في النار بلوغها تباعا. ثم جاء اكتشاف الألمنيوم على يد Sainte-Claire Deville خلال النصف الثاني من القرن العشرين، ليُدخل البشرية عهدا جديدا، عهد الخلائط المعدنية الخفيفة، التي فتحت الآفاق واسعة أمام صناعة الطيران. ولما كانت درجة الحرارة المطلوب بلوغها باستخدام الفحم لاختزال البوكسيت الذي يحتــوي علــى الألمنيوم مرتفعة جدا، فقد استعاضوا عن الفحم في ذلك بالصوديوم، ثــم بالتحليــل

---

(١٣) نص المحاضرة رقم ٢٨٣ التي ألقيت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٩ أكتوبر ٢٠٠٠.

الكهربائي الذي يجري العمل به اليوم. ولنا أن نتخيل الأجيال القادمة وهي تسمي عصرنا بعد بضعة قرون من الآن بعصر السيليسيوم، المادة التي بفضلها أمكن للإليكترونيات والإعلاميات أن تريا النور.

والزجاج نفسه ابن نار، خرج من رحمها منذ حوالي خمسة وأربعين قرنا. فاكتشاف هذه المادة حدث، حسبما يرويه عالم الطبيعة القديم بلينس الأكبر، عن طريق الصدفة، على يد ملاحين مصريين، نزلوا الشاطئ وأشعلوا نارا ليستدفئوا بها وأحاطوا موقدهم بقطع من النطرون، وهو نوع من كربونات الصوديوم كانوا يستخدمونه في تحنيط المومياء، فلاحظوا أن كتل رمل الصوان المحيطة بالنار استحالت مادة مائعة شفافة راحت تسيل من الموقد... كان ذلك اكتشاف الزجاج. ونحن اليوم نملك تفسيرا لما حصل يومذاك، وهو أن رمل الصوان والصوديوم الموجود في النطرون تفاعلا تحت وقع الحرارة فكونا زجاجا، والزجاج كما نعلم ينصهر في درجات حرارة أدنى من درجة انصهار الصوان الخالص. ودور "المذيب" الذي اضطلع به الصوديوم حينذاك معروف لدى صانعي الزجاج. وقد دخلت تطويرات عديدة على صناعة الزجاج منذ ذلك اليوم البعيد، فأتاحت للصانعين إنتاج زجاج ازداد بمرور الزمن صفاء ورونقا وسهولة صنع، غير أن الطريقة المتبعة في صنعه لا تزال تقوم على إذابة رمل الصوان، وإضافة مذيبات إليه، منها الصوديوم ومنها القلويات الطينية مثل الباريوم. واليوم ونحن على عتبة الألفية الثالثة، ألا يحق لنا أن نتساءل ما إذا كان محكوما على الزجاج أن يبقى إلى الأبد مرتبطا بالنار، وفن الزجّاجين مرتبطا بمدى قدرة الإنسان على التحكم فيها؟

للإجابة على هذا السؤال، سنعود إلى الشاطئ حيث أوقد البحارة المصريون نارهم، لكن لنولي وجوهنا هذه المرة شطر البحر. فبملاحظة البلانكتون نكتشف أن تلك الكائنات البحرية الدقيقة أصناف، من بينها طحالب مجهرية وحيدة الخلية تعرف باسم المشطورات، تحيط نفسها بقشرة من الصوان للحماية. وهذه القشرة متكونة من صوان لامتبلر كمثل زجاج كؤوسنا وقواريرنا تماما، غير أنه صنع في

درجة حرارة طبيعية – لا في حرارة الفرن كما نصنع نحن الزجاج – وذلك انطلاقا من الصوان القليل الذائب في ماء البحر. وما تصنعه هذه الكائنات من كميات الزجاج ليس مما يستهان به، إذ يبلغ ملايين الأطنان سنويا، وهي كميات تنتج كلها في ظروف "الكيمياء اللطيفة"، المختلفة تمام الاختلاف عن تلك التي طورها الإنسان عبر الزمن.

من الناحية الكيميائية، ليست العملية بالمعقدة. فالمشطورات ترشح الصوان الذائب في الماء على شكل حمض الصوانيك $Si(OH)_4$، ثم يحدث تفاعل بين مجموعتين من السيلانول Si-OH مع تحرير للماء، فيفضي ذلك إلى تكوين أكسجين رابط يقوم جسرا بين جزيئين من حمض الصوانيك، وبتوالي التفاعل نحصل على الصوان SiO_2.

equation

غير أن الغريب في الأمر هو أننا إذا ما أردنا تقليد تلك الكائنات الصغيرة في ما تفعله، تعين علينا أن نشتغل في ظروف من التركيز الكيميائي ومن الحموضة والحرارة، أصعب تحقيقا بكثير وأكثر تعقيدا من تلك التي تعمل هي في ظلها...

طريقة "تراب-جليد"

والحق أن الكيميائيين لاحظوا منذ أكثر من قرن أن الماء يعمل في أملاح السيليسيوم في درجات الحرارة العادية، فينتج عن ذلك مادة شفافة ليست غير الصوان. تلك هي الملاحظة التي ساقها J.-J. Ebelmen، من أكاديمية العلوم، في ٢٥ غشت ١٨٤٥. لكن تعين انتظار الحرب العالمية الثانية كي تضع شركة ألمانية، هي شركة Schott Glasswerke، أول طلب ترخيص بهذا الشأن، معلنة بذلك ميلاد ما أصبح يعرف اليوم بتقنية "تراب-جليد". وهي طريقة مشابهة لتلك

التي يتبعها المختصون بالمواد المكثفة في تصنيع المواد البلاستيكية أو اللدائن. وأما المادة الأولية التي نستعملها في مختبراتنا فليست حمض الصوانيك، بل أحد أكسيدات السيليسيوم الكحولية، هو $Si(OR)_4$، تكون فيه ذرة السيليسيوم محاطة بأربع مجموعات OR، حيث يكون R مجموعة ألكيل بسيطة، أي الميثيل CH_3 أو الإيثيل C_2H_2. وهذه الجزيئات متوفرة اليوم في الأسواق، وهي مستعملة كثيرا في صناعة أنواع السيليكون المختلفة.

وهي تتحول، عبر تحليل بسيط، إلى حمض الصوانيك:

Equation p. 453

بعد ذلك تتدخل تفاعلات تكثيف متعدد شبيهة بتلك التي تحدث عند المشطورات، فتفضي إلى تكوين الصوان.

تؤدي تفاعلات التكثيف المعدني هذه إلى تكوين مواد أكثر فأكثر كثافة، فتصير ترابا ثم جليدا، وهو ما أعطى هذه الطريقة اسمها الذي تعرف به اليوم. وبعد تجفيف ذلك الجليد في حرارة بضع مئات من الدرجات المئوية، نحصل على زجاج له خصائص تشبه تماما خصائص الزجاج التقليدي.

وأول مزايا هذه التقنية كونها تتيح الحصول على الزجاج في درجات حرارة منخفضة نسبيا (وتلك هي الكيمياء اللطيفة) دونما حاجة إلى صهر ولا إذابة. غير أن صناعة قطع ضخمة من هذا النوع من الزجاج ليست بالأمر الهين، إذ إن التوترات الداخلية التي تحدث داخل جسم القطعة أثناء التجفيف تؤدي إلى حدوث تشققات فيها. ولا بد لتفادي حدوث هذه الظاهرة من اتباع طريقة في المعالجة الحرارية شديدة البطء، أو إضافة مواد كيماوية معينة، أو إجراء عملية التجفيف في ظروف قصوى. ولما كانت المواد الأولية تزيد غلاء يوما عن يوم، فإن من شأن الزجاج المصنوع بطريقة "تراب-جليد" أن يكون أغلى سعرا من الزجاج "التقليدي". لذلك لا يستعملون هذه التقنية في تصنيع الزجاج التجاري. غير أنها في مقابل ذلك

تتيح القيام بعمليات تشكيل فريدة، لكون الانتقال يجري مباشرة من محلول المـــادة الأولية إلى الشكل النهائي. وتلك خاصية بالغة الأهمية بالنسبة إلى تطبيقات معينة، من مثل وضع شريط لاصق من الزجاج على سطح مواد مختلفة (مـــن زجـــاج أو خزف أو معدن أو مادة مكثفة). فيكفي وضع المادة على السطح عبـــر غمـــره أو رشه بها، فتتكفل رطوبة الجو بإحداث تفاعلات التحليل والتكثيف. وبعد التجفيـــف تحت حرارة معتدلة، نحصل على شريط شفاف من الصوان أو من أكســـيد آخـــر حسب المادة الأولية المستعملة. ومعظم التطبيقات الصناعية التي تعتمد هذه الطريقة اليوم تصنع أساسا مثل تلك الأشرطة.

كانت أوائل الرخص المستغلة في ألمانيا في الستينات من القـــرن الماضـــي تخص إنتاج أشرطة مضادة للانعكاس الضوئي على سطح زجاج النوافـــذ ومرايـــا السيارات. وفي الآونة الأخيرة في فرنسا قام معهد CEA في Ripault بفتح شـــعبة لتقنية "تراب–جليد" بهدف تطوير أغشية داخلية لمدافع الليزر ذات القـــوة الكبيـــرة التي تستعمل في الانصهار الحراري الذري. فحزمة الليزر المنتظرة في مشـــروع LMJ (اختصارا لعبارة ليزر ميغا–جول) المنتظر إقامته قرب بـــوردو الفرنســـية، سيتعين عليها أن تقطع ٤٥٠ مترا، تخترق خلالها عشرات من المكونات البصرية أو تنعكس عليها. هنا تبرز أهمية الأغشية الزجاجية المصنوعة بطريقـــة "تـــراب– جليد"، التي تتيح تفادي ضياع الطاقة، كما تحفظ المكونات البصرية مـــن العطـــب. ويجري الآن توظيف التجربة المكتسبة في الميدان النووي، لأجل تطوير تطبيقـــات موجهة إلى الجمهور العريض، مثل زجاج النظارات وما إليه. وتقوم مراكز أبحاث عديدة على تطوير تطبيقات مماثلة في مجال الأنابيب المفرغة وغيرهـــا. بـــل إن هناك اليوم موقعا على الإنترنت، هو موقع www.solgel.com جرى فتحه مؤخرا بمبادرة من الباحثين العاملين في معهد Corning، يمكن الحصول فيه علـــى آخـــر المعلومات المتوفرة في هذا الشأن...

زجاج هجين عضوي - معدني !

لا تسهم طريقة "تراب-أرض" في تحسين تقنيات صناعة الزجاج فحسب، بل إنها تفتح آفاقا جديدة، إذ تتيح تصنيع مواد فريدة تماما، هي المواد الهجينة العضوية-المعدنية. فالكيمياء اللطيفة التي تستعمل في تلك الطريقة لا تتنافر وتفاعلات الكيمياء العضوية، مما يتيح دمج جزيئات عضوية هشة البنية نسبيا مع مواد "ابنة حرارة مرتفعة" كالزجاج مثلا. ويكفي لذلك أن نذيب المكون العضوي في المحلول الذي يحوي المادة الأولية المراد تحويلها إلى زجاج. فبإضافة الماء إلى المحلول نُحفِّز تَكَوُّنَ شبكات من الصوان تحتجز جزيئات المادة العضوية. بل إن أبحاثا تجري من أجل تطوير مواد ترتبط فيها المادة العضوية بالسيليسيوم عبر رباط من نوع Si-C غير قابل للتحلل بالماء. بذلك نحصل على هجائن حقيقية على المستوي الجزيئي تغطي كل أنواع هذه المنتجات، من الزجاج العادي الهش إلى المواد المكثفة البلاستيكية. وهي اليوم في تطور مستمر، وفي السوق منها أصناف تحمل مسميات عدة منها ORMOSIL (اختصارا لعبارة Orgnically modified silicate) وORMOCER (Organically modified ceramic) وCERAMER (ceramic polymer) وPOLYCERAM (Polymer ceramic).

تقع أهم تطبيقات المواد الهجينة في مجال البصريات، فالزجاج المصنوع بطريقة "تراب-جليد" يستعمل قالبا أصلا لملونات عضوية تتميز بخصائص معينة، مثل التوهج والليزر والتلون الضوئي والتأثيرات غير الخطية وما شابه ذلك. فزجاج "تراب-جليد" يحمي الملون من آثار الحرارة ومن الأشعة فوق البنفسجية، كما أن تلك الطريقة تتيح تشكيل المادة على صفة شريط رهيف أو موجه موجات أو حتى وضعه على ليف بصري. والخلاصة أن البصريات القائمة على تقنية "تراب-جليد" هي في تطور مستمر، وهناك تطبيقات جديدة لها ترى النور مع إشراقة كل صباح.

فأثناء مؤتمر يوكوهاما عام ١٩٩٩، قدمت شركاتٌ يابانية قوارير من زجاج ملون بواسطة شريط من زجاج "تراب-جليد" الهجين، لها ميزة أخرى علاوة على الجانب الجمالي فيها. فالزجاج الملون العادي يبقى ملونا بعد إذابته أثناء عملية إعادة التأهيل، في حين يحترق الشريط الهجين أثناء تلك العملية فيترك الزجاج صافيا نقيا. وغير خاف ما يعنيه ذلك من تسهيل لعمليات إعادة التأهيل واقتصاد في تكاليف إنجازها.

وفي براغ عاصمة جمهورية التشيك، جرى إصلاح المنمنمات التي تزين أعلى الباب الذهبي بكاتدرائية المدينة، وقد تم بعد ذلك وضع شريط هجين على صفحة المنمنمات حماية لها من عوامل الطقس. وقد قام بوضع الشريط فريق عمل من باحثي جامعة لوس أنجلوس، بتعاون من معهد Getty Conservation Institute.

وفي إسرائيل بدأ بعض الخبراء بحث تصنيع مراهم مضادة للأشعة الشمسية يقوم المبدأ فيها على تخزين المادة العضوية المضادة للأشعة فوق البنفسجية في كبسولات دقيقة جدا من الزجاج الهجين. والفائدة المتوخاة من ذلك هي تفادي وضع مواد ضارة، خصوصا الجذور الكيميائية الحرة، مباشرة على البشرة.

أما في فرنسا، فإن شركة Protavic تشتغل حاليا على تطوير أصباغ عضوية حساسة للضوء، يكون العامل النشط فيها مختزنا في صوان هجين. فبما أن الشكلين الملون وغير الملون يتميزان بخصائص مختلفة، فإنه يكفي اللعب على الطابع المحب أو الرافض للماء في القالب الأصل من أجل الحصول على أفضل استجابة من الملون. بذلك يمكن التوصل إلى انتقال من حال إلى حال يدوم حوالي الثانية الواحدة، عوض الساعة التي يستدعيها الصوان العادي للاستجابة. ويكفي لأجل ذلك أن نضع قشرة من الصبغ على صفحة زجاج النظارات أو الزجاج البصري المعني...

يمثل تصنيع الهجائن العضوية-المعدنية مؤشرا على الإمكانات التي تفتحها الكيمياء اللطيفة في مجال معالجة المواد. ورغم ذلك فما أبعدنا اليوم عن مهارة تلك الكائنات الصغيرة المدعوة بالمشطورات... وقد جرى قطع خطوة كبيرة إلى الأمام لما استطاع باحثون إسرائيليون إقامة الدليل على إمكان تثبيت أنزيمات في جليد الصوان، علما أن تلك الأنزيمات لا تبقى فحسب على طبيعتها دونما تغيير، بل إنها تبقى محتفظة بفعاليتها الحيوية لمدة أشهر كاملة. ولا يستطيع إدراك الأهمية التي يكتسيها هذا الأمر إلا من يعرف الدور الرئيس الذي تضطلع به الأنزيمات في تطور علم البيوتكنولوجي. فطريقة "تراب"جليد" تقدم جوابا فريدا في هذا المجال بجمعها بين مادة صلبة مقاومة وبين جزيئات أحيائية هشة.

وقد جرى بهذه الطريقة تخزين أنزيمات عديدة داخل كبسولات دقيقة من جليد الصوان، من أجل صناعة لاقطات ومحركات أحيائية. ويلاحَظ عموما أن القالب الصواني الأصل يضطلع بدور الحماية، إذ يمنع تغير طبيعة الأنزيمات كما يمنع تطايرها عبر الترشح. وقد جرى تطوير آليات لتصنيع لاقطات أحيائية للغلوكوز. وتقوم الفكرة على صنع قطب يكون فيه الأنزيم مخلوطا بمسحوق من الكربون في داخل جليد الصوان، مما يعطينا مدادا ناقلا للتيار يمكن وضعه مكانه عن طريق الطبع على الزجاج. بعد ذلك يكفي وضع نقطة واحدة من المحلول فوق القطب وإجراء قياس كهركيميائي بسيط لمعرفة تركيز تلك القطرة من الغلوكوز. كما طور فريق من الباحثين الكوريين حسب التقنية ذاتها قطبا حساسا للأوريا البولية، قادرا على استشعار كميات تصل إلى جزأين من عشرة آلاف جزء من المول.

وكما يبرهن على ذلك مثال أنزيمات الدهون، فإن من الممكن الرفع من فعالية الأنزيم عبر تغيير الطبيعة الكيميائية للصوان. وتضطلع هذه الأنزيمات، التي تسرِّع تفاعلات التحليل والأسترة، بدور مهم في التركيب العضوي، كما يتبين ذلك

في الصناعات البترولية وصناعة مواد النظافة والصناعات الفلاحية الغذائية وغيرها. وهي تتميز بقدرتها على العمل في مجال اللقاء بين الطورين الدهني والمائي اللذين لا يقبلان الاختلاط ببعضهما اختلاطا منسجما. ويمكن زيادة فعالية تلك الأنزيمات مائة ضعف عبر جعلها في كبسولات داخل قالب أصل يجري التحكم في مدى حبه للماء. وقد استطاعت شركة Fluka بفضل هذه الدراسات إنتاج وتسويق أنزيمات هاضمة للدهون محبوسة في كبسولات في قلب جليد من أنواع من الصوان الهجين، تغطى به كريات زجاجية تستعمل في بعض أنواع المحركات النفاثة.

ولا تقف إمكانات استعمال تقنيات "تراب-جليد" عند حد تثبيت الأنزيمات، إذ استطاع الخبراء كذلك تثبيت خلايا نباتية وخمائر في جليد من الصوان. وقد أقمنا الدليل منذ زمن غير بعيد على أن البكتريا المعروفة باسم Escherichia coli تبقى محتفظة بفعاليتها الأنزيمية بعد حبسها في الكبسولات، إذ تتبع في نشاطها الأنزيمي قانون Michaelis وتبقى في ذلك شبيهة بنشاط البكتريا الطليقة. وقد أجرى بعض الباحثين الإيطاليين والأمريكيين في هذا المجال تجارب مهمة تناولت خلايا من البنكرياس، هي جزائر Langherans التي تتدخل في عملية تمثل الغلوكوز. وقد بينت الاختبارات في الأنابيب أن هذه الخلايا، حين تحبس في كبسولات دقيقة من الصوان، تحتفظ بنشاطها وتنتج الأنسولين في كل مرة يضاف فيها غلوكوز إلى المحلول. وذهبت شركة Solgen Therapetics LLC إلى أبعد من ذلك، فأجرت التجربة على فئران حية، ويبدو أن النتائج المحققة في ذلك مشجعة، إذ تتيح كبسولات الصوان المثقبة تفادي الرفض والطرح المناعي...

يمكن كذلك أن يتسع مجال استعمال تقنية "تراب-جليد" ليشمل ميدان المناعة. فقد بينت تجارب أجريت حديثا أنه بالإمكان تحقيق تفاعلات تعارف نوعية بين الأجسام الضدية والمولدات المضادة، حيث استعملت هذا التفاعلات للقيام بقياسات كيميائية دقيقة جدا بالاستعانة بمولدات مضادة في بعض الجزيئات الخاصة

(haptènes)، فأمكن بذلك قياس كمية الأترازين atrazine الموجودة في محلـول، بصب ذلك المحلول على جليد من الصوان يحتوي على مولدات مضادة للأترازين. وهذا الجزيء هو مضاد للأعشاب الضارة، يستعمل على نطاق واسع في المجـال الزراعي، وهو يمكن أن يكون ساما، ومن الضروري تفادي تسـربه إلـى الميـاه الجوفية وتركزه فيها بأكثر من عشر المليغرام في كل لتر، مما يسـتدعي قيـاس كمياته بدقة متناهية.

ويبقى أهم مجال ترتبط به تفاعلات التعارف النوعية بين الأجسام الضـدية والمولدات المضادة هو المجال الطبي. ذلك ما دفعنا إلى أن نطور، بتعـاون مـع مستشفى la Pitié-Salpêtrière، اختبارات دموية تستعمل طفيليات محبوسـة فـي كبسولات من جليد الصوان كمصادر للأجسام المضادة. وكانت الطفيليـات التـي أجرينا بها التجارب هي الطفيليات المسببة لمرض الليشمانيا، فاسـتطعنا أن نميـز عبرها بين دم شخص مصاب ودم آخر سليم، مما يعنـي أن تفـاعلات التعـارف النوعية قد حدثت بالفعل في قلب جليد الصوان.

خاتمة

بعد أن ظل تحوير المواد الطبيعية وتجديدها مرتبطا بفن التحكم في النـار، ها هو اليوم يصبح أكثر اعتمادا على علم الكيمياء. وما التطور الهائل الذي شهدته المواد المكثفة خلال السنوات الخمسين المنصرمة إلا دليل على ذلك. وتبين تقنيـة "تراب-جليد" أن تفاعلات التكثيف المعدني يمكنها أيضا أن تستعمل لتصنيع الزجاج الذي كان يصنع قبل ذلك تحت حرارة عالية، وهناك مواد هجينة جديدة رأت النور مؤخرا، تجمع ما بين كائنات كيميائية، بل وكائنات بيولوجية، من طبيعتها أنهـا لا تجتمع. وتمثل التقنيات البيومعدنية اليوم مصدرا جديدا للإلهام بالنسبة إلى كيميائيي المواد. ولئن كانت الأحياء الدقيقة من مثل المشطورات قد احتاجت ملايين طويلـة من السنين كي تطور تصنيعها العجيب للمواد، فلنا نحن أن نتمنى أن تكفينا لـذلك بضعة عقود فحسب...

الخشب: هل من شأن التنوع الذي يميز منتجات الغابة أن يجعل من الخشب مادة القرن الواحد والعشرين ؟[١٤]

بقلم بيير مورلييه
Pierre MORLIER

مادة صديقة للبيئة

يمكن إن نقول إن الغابة تضطلع برسالات ثلاث ذات أهمية بالغة.

أما أولى تلك الرسالات فهي رسالة بيئية، ذلك لأن الغابة تمثل الفضاء الرئيس الذي تعيش وتتوالد وتستمر فيه أغلبية الأنواع النباتية والحيوانية، وأنها تتصرف مثل مكيف هواء عملاق، إذ تمتص الماء من الأرض وتطلقه في الهواء بخارا، وتمتص أشجارها ثاني أكسيد الكربون من الهواء بمعدل ١،٦ طن عن كل طن من الخشب المنتج، مضطلعة بذلك بدور رئيس في مكافحة ظاهرة البيت الزجاجي.

وأما الرسالة الثانية فهي اجتماعية، إذ توفر الغابة مجالا للترفيه والاستجمام لسكان المدينة، وتسهم في تهيئة وتجميل المجال الحضري في المدن، بل ونزيد على ذلك فنقول إنها توفر مناصب شغل لجزء من ساكنة البوادي والأرياف.

وأما الرسالة الثالثة فهي إنتاجية، إذ تزودنا الغابة بمواد أولية على رأسها الخشب الذي نستعمله في التدفئة والبناء والصناعات الكيميائية والورقية.

يعد الخشب مادة أولية متجددة وقابلة لإعادة التأهيل في نهاية حياتها، حيث تستعمل على شكل مواد جديدة مصنعة أو كمصدر للطاقة، وهو مصدر لا يجف

---

(١٤) نص المحاضرة رقم ٢٨٤ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ١٠ أكتوبر ٢٠٠٠.

معينه كما يجف معين المراد الأخرى عند استخراجها، من مثل الحصى وغيره من المواد الحجرية. بل إن استخراج الخشب من الغابة ضروري لصحتها كما هو ضروري لاسترجاع الأكسجين الموجود في ثاني أكسيد الكربون الذي يختزنه الخشب على شكل كربون.

كما أن الخشب مادة لا يتطلب تغييرها وإعدادها سوى القليل من الطاقة، مقارنة مع باقي أنواع موارد الطاقة واسعة الانتشار، وهي لا تطلق في الهواء مواد سامة حين لا تكون الصناعة قد أثقلتها بالمواد الكيماوية المضافة. ومعلوم أن ورشات الخشب لا تلوث محيطها أبدا.

يتضح من هذا أن الخشب يستحق اسم المادة صديقة البيئة، كما أنه يستحق ما أولي إليه مؤخرا من عناية جديدة واهتمام من قبل المستهلكين - اللذين غالبا ما كانوا يتيهون عنه في بحثهم الدائب عن مادة صديقة للبيئة كاملة لا عيب فيها - ومن قبل السياسيين، حيث دفعت نتائج قمم ريو وكيوتو بالحكومات الأوربية إلى اعتماد سياسات تهدف إلى تطوير استعمال الخشب في البناء (القانون المتعلق بالهواء وبالاستعمال العقلاني للطاقة في فرنسا مثلا)، كما أن فرنسا قررت مؤخرا، بعد صدور تقرير Bianco، الحفاظ على الغابة كمصدر للخشب، والنهوض بخشب الغابات الفرنسية.

فهل يا ترى سيتاح لهذا الاهتمام المزدوج من قبل المستهلكين والسياسيين، والقائم على أساس الحاجة إلى تدبير مستديم لكوكبنا الأرضي، أن يُحِل الخشبَ محل الصدر من المواد التي سنستخدمها في القرن الواحد والعشرين؟

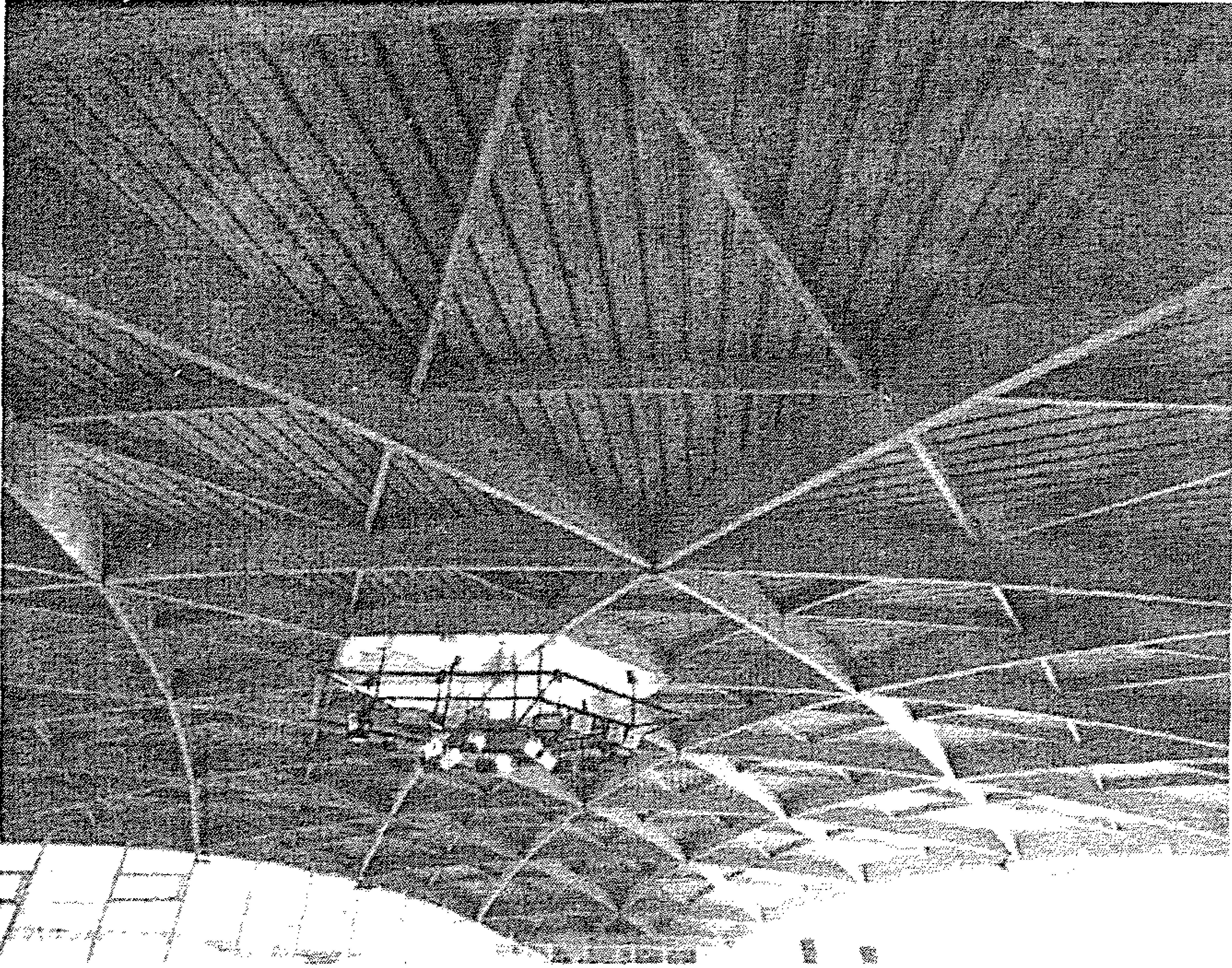
تنوع فروع مصادر الخشب في فرنسا

هذا يستدعي بطبيعة الحال من منتجي الخشب الذين يطرحون منتجاتهم في السوق أن يعملوا على التحكم تحكما أمثل في تنوع منتجهم. وهو منتج له في فرنسا

نقاط قوة منها حجمه، إذ يوفر نصف مليون منصب شغل، ومنها مساحته، إذ يشغل خمسة عشر مليون هكتار، أي حوالي ثلث مساحة البلاد (وهو رقم في زيادة لا في نقصان)، ومنها كميته، إذ يُنتج منه سنويا ما يناهز ٥٥ مليون متر مكعب.

غير أن للخشب الفرنسي عيبا يكمن في تشتت مصادره. فالخواص يملكون حوالي ثلاثة أرباع الغابات في فرنسا، وأغلبهم ذوو ملكيات صغيرة، حيث يبلغ عدد هذه الملكيات ٢٠٠٠٠، تسعون بالمائة منها تشغل أقل من عشرين مستخدما.

وهو بكل معنى الكلمة متنوع، من تعدد الأصناف ذات الفائدة الاقتصادية (حوالي ٢٥ صنفا، من ورقي وصمغي)، وفي وسائل استغلال الغابة (هناك غابة واحدة مزروعة، هي غابة اللاند، ومساحتها تفوق مليون هكتار)، وفي وسائل التصنيع ومؤسساته (من مصنع الورق الضخم إلى المشغَل التقليدي)، وأخيرا في الاستعمالات التي يدخل فيها وفي المهن المتفرعة عنه والمتصلة به. من جهة أخرى، فإن قطاع الخشب يزود بالمواد الأولية صناعات ذات متطلبات وشروط تختلف بالغ الاختلاف، بدءا بصناعة البناء والأشغال العمومية، اللذين يستهلكان وحدهما ٦٥% من إنتاج الخشب المخصص للاستعمالات الثقيلة، أي ١٢،٥ مليون متر مكعب في السنة، وانتهاء إلى استعمالات أخرى كالتغليف والأثاث وصناعة البراميل والآلات الموسيقية وخشب الزينة ذي القيمة المضافة العالية (شكل ١).



شكل ١: يعد البناء أكبر مستهلك للخشب

تنوع مادة الخشب على مختلف المستويات

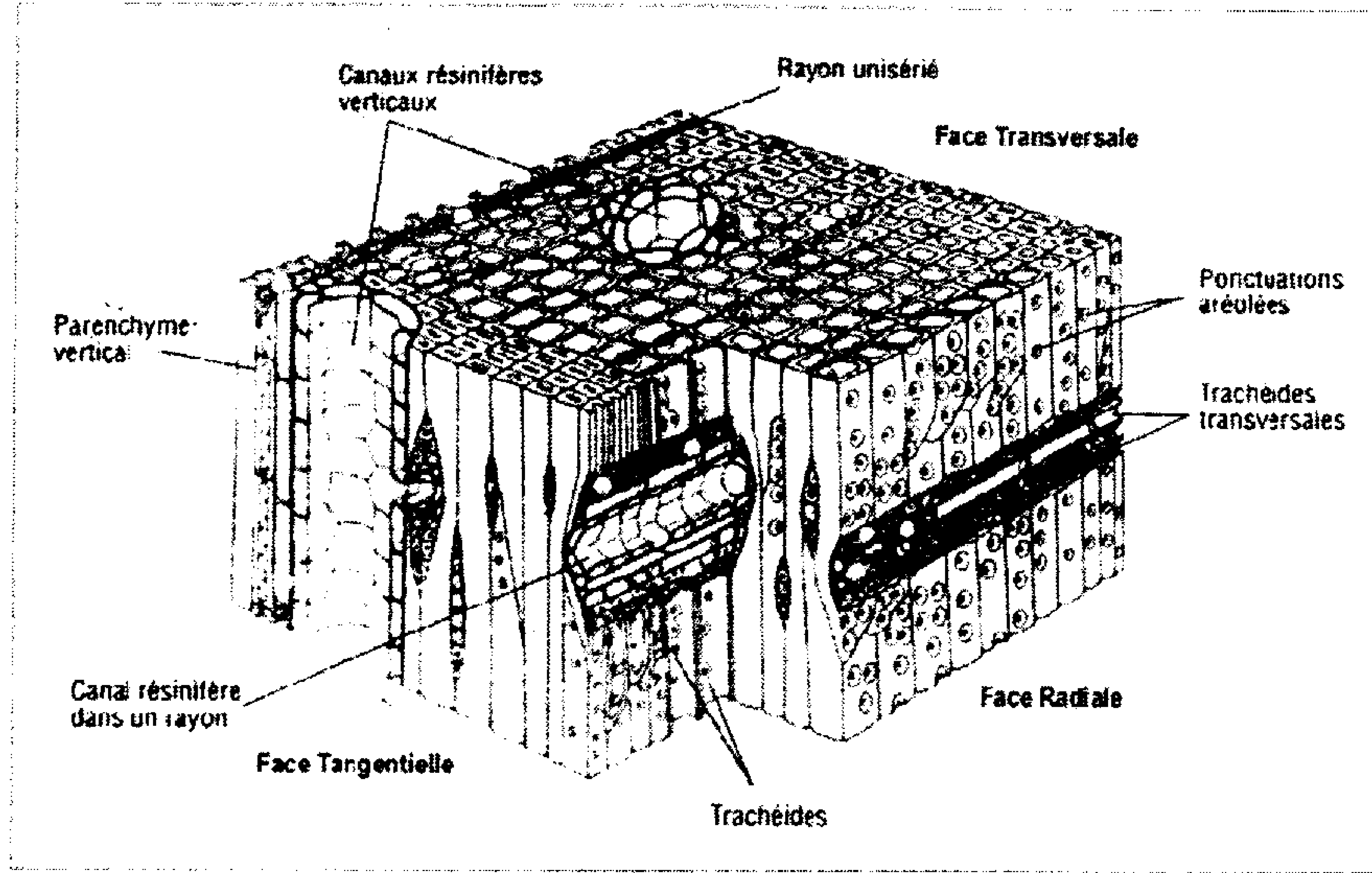
الخشب مادة صلبة خلوية عضوية طبيعية. وهي مادة مركبة (أي مجموعة منظمة من المواد المكثفة)، متباينة الخصائص (بفعل شكل خلاياها المستطيل والبنية الموجهة لغشاء هذه الخلايا، ولكن كذلك بحكم كونها تنمو على شكل دوائر متتالية). ولا بد لأجل فهم التنوع الذي يميز الخشب، من الرجوع إلى تأمل التنظيم الذي يميز بنية هذه المادة على جميع المستويات.

الخشب عبارة عن مجموعة من الأنسجة ذات جدار ليفي. وتتكون هذه الأنسجة من خلايا منضدة حسب ترتيب خاص متحكَّم فيه وراثيا بطريقة صارمة، هو الترتيب الخطي. وتبدو الورقيات عند الفحص أعقد وأكثر تنوعا من

الصمغيات، غير أن بنيتيهما معا تبقيان متشابهتين من حيث المبدأ الذي تقومان عليه. ومن الورقيات التي تعيش على التراب الفرنسي البلوط والزان والقسطل والحور، ومن الصمغيات الصنوبر البحري ونظيره الغابوي والبيسية والتنوب وشجرة دوغلاس.

على مستوى السنتيمتر المكعب، تبدو لنا خاصيتان أساس من خصائص الخشب: ترتيب المادة الخلوية حسب ثلاثة محاور مفضلة، تدعى الخطوط المادية (طولي وشعاعي وتماسي)، وكون المادة الخشبية مسامية. وتترجم كثافةُ المادة هذه الخاصيةَ الأخيرة، وتتحكم بذلك إحصائيا في أغلب خصائص الخشب الفيزيائية والميكانيكية. فكثافة الخشب تتراوح حسب الأنواع ما بين ٠،٢ و١ (علما أنها تبلغ ١،٥ في المادية الخيطية ذاتها)، مما يعطي للخشب مكانا خاصا ما بين باقي المواد، من أنواع الأسفنج المعدني من جهة وبين اللدائن والمواد المركبة والزجاج والخرسانة والصلب، في ترتيب متصاعد من جهة أخرى. وهو تنوعٌ في الخصائص فريدٌ ليس له بين باقي المواد مثيل. فحين تتراوح الكثافة بين ١ وخمسة أضعافه، فإن الصلادة الطولية-العرضية تتراوح هي أيضا بين ١ وخمسة أضعافه، والصلادة العرضانية بين ١ و١٢٥ ضعفا، ومقدار القوة اللازمة لاستخراج مسمار مدقوق فيه من ١ إلى ٢٥ ضعفا... ولنا أن نتخيل الكنوز التي تجدها عبقرية الصانعين المبدعة في مثل هذا التنوع الكبير الذي لا تجده إلا في بعض المواد الاصطناعية مثل أنسجة صوف الزجاج.

غير أن القاعدة التي تربط ما بين الكثافة والخصائص ليست قاعدة إحصائية، وذلك لأن بنيات الأنسجة وأغشية الخلايا تتميز هي أيضا بتنوع كبير: فقدَر المواد الطبيعية، التي تكون في الغالب الأعم مركبة، هو كونها مركبة من بنيات متداخلة، كما يتبدى ذلك من اختلاف خشب الربيع - الذي يكون كثيفا - وخشب الصيف تناوبا، ووجود عروق في الورقيات، وكلها بنيات متداخلة على المستوى الخيطي (شكل ٢).



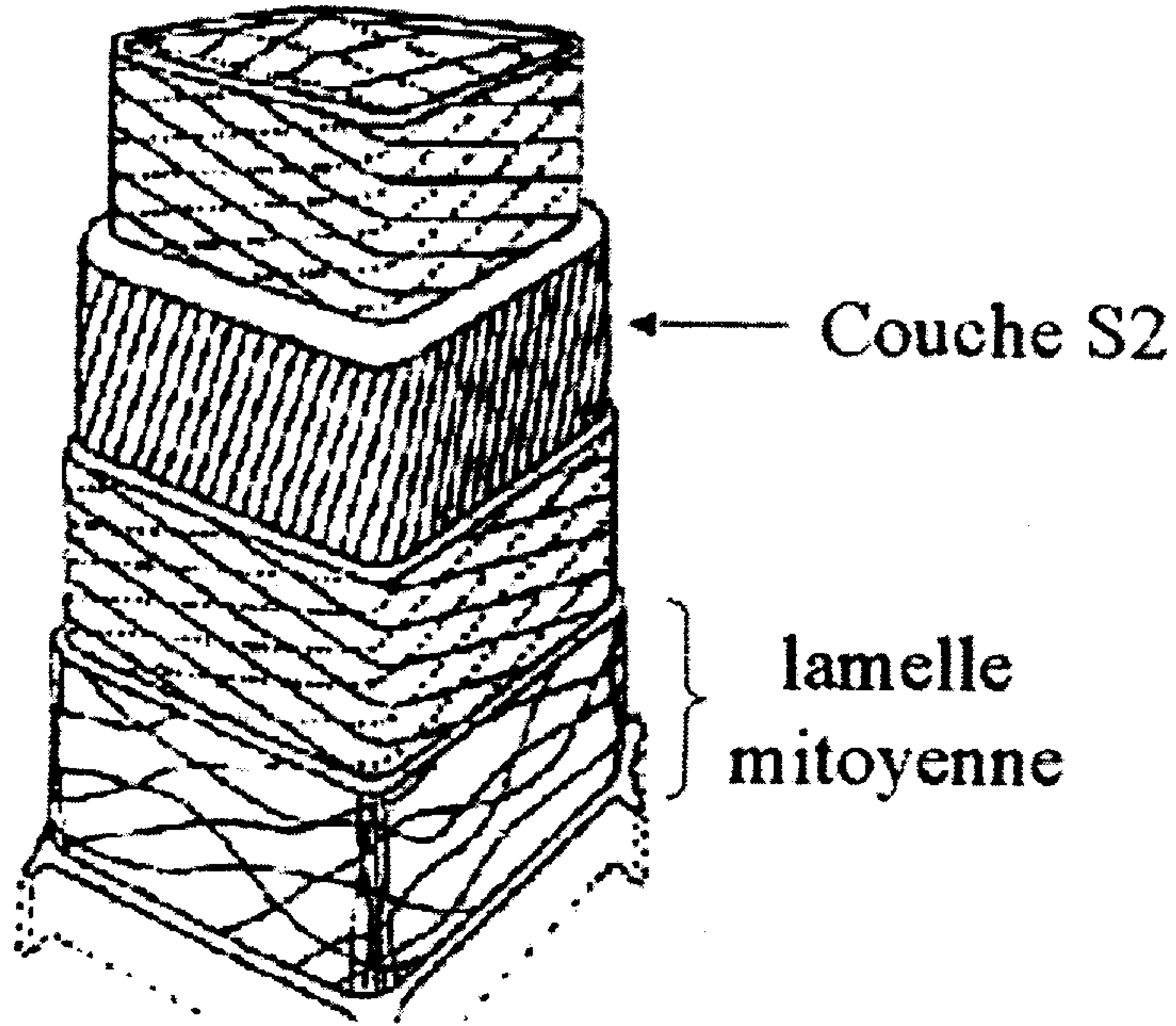
شكل ٢: التنظيم الخيطي في خضب صمغي عادي

ويجيء دور مستوى الغشاء الخلوي الذي يكشف لنا بدوره عن تنظيمه الدقيق. فهناك في البداية ثلاثة مواد مكثفة أحيائية أولية تجعل خصائصها في تآزر، أولها السلولوز الذي يؤمن للخشب صلادته، بحكم أنه يتكون من سلاسل من الغلوكوز منزوع الماء مرتبطة ببعضها ارتباطا متينا، مرتبة ترتيبا يجعلها تكتسب في بعض الأماكن خصائص بلورية، ومجموعة في حزم تدعى شعيرات. أما الهيميسيلولوز، فهو عبارة عن جزيئات من البوليسكاروز ذات سلاسل أقصر من سابقتها، ملتوية على نفسها، ومكونة مادة خامدة تغلف الشعيرات، وهي تتميز بحبها للماء، وإليها يعود السبب في انتفاخ الخشب حين يتعرض للبلل. وفي الأخير هناك مادة الخيطين، وهي مادة خامدة، تكاد تكون هشة، تربط الألياف فيما بينها، وهي عبارة عن مادة مكثفة تغير شكلها تبعا لتغير درجة الحرارة، وهي خاصية مفيدة على الخصوص في صناعة جبن الخشب. وتتوزع هذه المواد المكثفة الثلاث توزيعا غير متساو لكنه منتظم بين مختلف جزر المواد التي تكون الخلية والصفيحة

البينية ثم طبقة S2، وهي الأكثر سمكا، مع تنظيم كثيف للشعيرات الدقيقة على شكل مراوح متوازية، في انحراف عن محور الخلية يتراوح بين خمس درجات وثلاثين درجة، ثم الطبقة الداخلية، وهي أقل سمكا من سابقتها. وهكذا نرى أن بنية أغشية الخلايا هي بنية مادة متقنة التركيب، مُعدة للعمل تحت إكراهات الالتواء والشد والضغط، حيث تتحمل الطبقة S2 الاتواء والشد بفضل استطالة الخلايا، في حين تتحمل الألياف المتشابكة على جانبيها إكراه الضغط (شكل ٣).

هكذا نجد أنه على مستوى الخشب الكامل clear wood، تفسر الكثافةُ التغيريةَ متى كان الخشب عاديا، أما إذا كان غير عادي، فإن زاوية الشعيرات تتحكم في التغيرية. وسنوضح هذين المفهومين فيما يلي.

أما على مستوى خشب البناء، فإن عناصر فريدة أخرى تظهر فتخل بالنظام الدقيق الذي رأيناه في النسيج الخيطي، وتتحكم في السلوك الميكانيكي للخشب. وتلك العناصر كلها معروفة وموصوفة من قبل المختصين، من العقد إلى المادة الخيطية التي تحيط بها، إلى مواضع الالتواء التي تظهر متى شققنا عن قلب الخشب، إلى الجروح التي يتمثل أخطر مظاهرها في جيوب الصمغ عند الصمغيات، إلى التشققات والتصدعات والتفككات وغيرها. ولقد صدق B. Madsen حين قال في أوائل التسعينات من القرن الماضي إن خشب البناء لا يمثل إلا صورة باهتة عن الأنسجة الخيطية التي تكونه. فهو مادة مختلفة تماما، لا نعرفها إلا معرفة إحصائية، تتحكم فيها شبكة الخصائص الفريدة التي تميزها.



شكل ٣: جدار الخلية، أنبوب ذو طبقات، يتكون من جزائر من مواد مركبة ليفية. البعد الأفقي للخلية: حوالي ٥٠ ميكرومتر

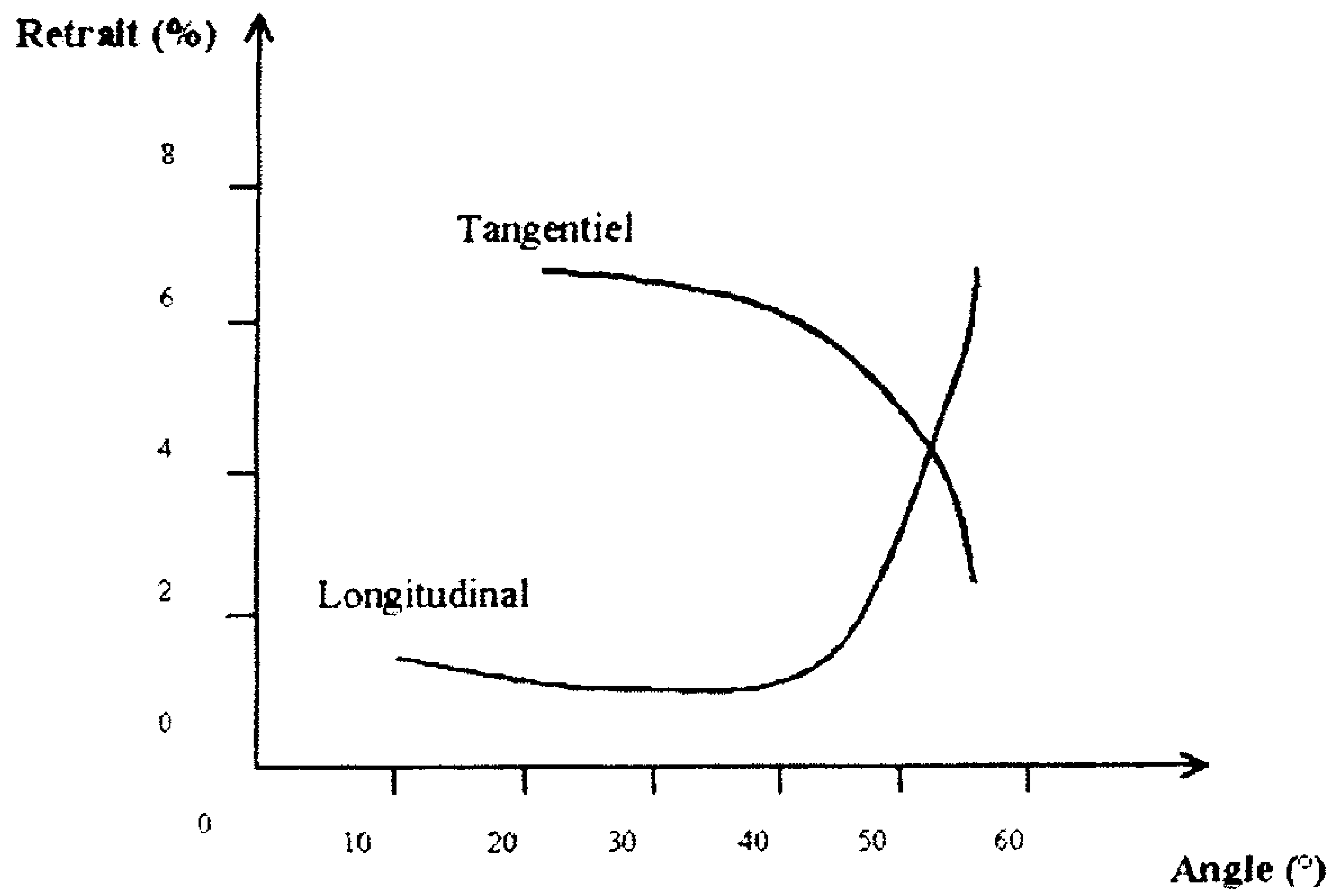
والحق أن هذه الفكرة تصدق على مواد طبيعية أخـرى، حيـث إن شـبكة الشقوق والكسور الكامنة في جسم الكتل الصخرية الكبيرة هي التي تحدد السـلوك الميكانيكي والهيدروليكي للكتلة، أكثر مما يحدده نوع الصخور التي تكونها.

عند هذا الحد من الكلام، قد يظن المرء أن شجرة كاملة الأوصـاف، نمـت مستقيمة وحرص راعيها على تشذيبها حماية لها مـن العقـد والالتـواء، سـتمثل مخزونا صافيا من الخشب المتجانس. وليس الأمر كذلك، إذ إن الشجرة معمل حي يفرز خصائصه التغيرية بنفسه.

يتكفل الجزء الخارجي من الجذع، وهو أكثر أجزائه شبابا، بنقل الرحيق من الأسفل إلى الأعلى، ومع مرور الزمن يشيخ الخشب فتتوقف الوظيفة الفسـيولوجية

عند الخلايا. أما الجزء الداخلي من الخشب – ويكون قاتم اللون بفعل ما يتركز فيه من مخلفات النشاط البيولوجي المنطفئ – فهو أطول عمرا وأعصى على الحشرات وأقل رطوبة من سابقه.

أما الخشب الذي يكون الحلقات من ٥ إلى ٢٠ الأولى، وهو ما يعرف باسم الخشب الشاب، فيتميز بخصائص مختلفة عن تلك التي تميز الخشب الخارجي البالغ، وخصوصا عند الصمغيات، حيث تكون جدران الشعيبات في الخشب الشاب رهيفة، وتكون شعيرات الطبقة S2 فيه منحرفة، ويتميز بكثافة أقل (٠،٣٧ للخشب الشاب، مقابل ٠،٤٧ للخشب البالغ في الصنوبر البحري) ومقاومة وصلابة أدنى من نظير البالغ، وتراجع طولي أكبر (شكل ٤).



شكل ٤: حين تكوّن الشعيرات مع المحور الطولي زاوية تتجاوز ٣٠ درجة، فإنه يكون لها أثر كبير في التراجع والانتفاخ، وفي تماثلية خصائصه

إذا كانت الشجرة تنمو مستقيمة الجذع مستديرة الحواف، فإن آلية النمو التي تقوم على إنتاج حلقات متتابعة على سطح الجذع، ليست من الناحية الميكانيكية

عملية محايدة، إذ إن كل طبقة جديدة من المادة الناشئة تتعرض، مباشرة بعد تكونها، لتراجع يدعى تراجع البلوغ، يمارس ضغطا متواصلا على السطح الخارجي للبنية المكونة من قبل الشجرة. وتتراكم الضغوط مع مرور الزمن، مما يجعل من الشجرة بنية مضغوطة من الداخل مشدودة من الخارج précontrainte، فما إن تتعرض للقطع أو النشر حتى تتحرر تلك الضغوط، متسببة في التواء الخشب المحصل عليه. بعد ذلك، حين يجف الخشب، سيعمل الشكل الاسطواني للشجرة على خلق أشكال أخرى من الالتواء والاعوجاج. والنتيجة أنه ينبغي أن ينشر الخشب بطريقة تتبع محاوره المادية لا تحيد عنها، إن نحن أردنا الحصول على أخشاب لا تشكو مع الزمن من عيوب الالتواء والتغير التي تعد من صميم خصائص مادة الخشب.

حين تصارع الشجرة محيطها في مقاومتها للريح وبحثها عن الضوء، فإنها ستغير اتجاه نموها في كل مرة يكون فيها هذا الأمر ضروريا، وذلك عبر عملية بسيطة تتمثل في إفراز طبقات جديدة من الخشب المدعو خشبا غير عادي، وتقوم بها الشجرة عبر الشعيرات التي يمكنها أن تنحرف عن خط المحور، مما يجعل الخشب البالغ يتكون على جانب من الشجرة بأكثر مما يتكون به على جانبها الآخر، والنتيجة انحناء الجذع في الاتجاه المنشود. ويدعى هذا الخشب غير العادي "خشب ضغط" في الصمغيات، التي قد يحدث فيها انتفاخ من أثر البلوغ (شكل ٥).

فإذا جمعنا هذا كله سنقول إن الشجرة طيلة حياتها ستراكم ما يلي: ضغوطا مسبقة لا تكون دائما موزعة طبقا لتماثل أسطواني، وفروقا في الكثافة، وفروقا ممكنة في زاوية انحراف الشعيرات، وحركات حول المحاور المادية وحول العُقد تبعا لالتواء الألياف. والنتيجة هي هذه المادة التي نسميها خشب البناء، والتي توصف بكونها معرفة إحصائيا (أي أنك لن تجد خشبتين متشابهتين حد التطابق)، والتي تتميز برطوبية hygroscopie ينتج عنها ما يدعوه أهل المهنة بالتقلبات الحجمية instabilités dimentionnelles.

ذلك ما يجعل من التغيرية الداخلية في الشجرة أمـرا أساسـا فـي تحليـل خصائص مادة خشب البناء. أما التغيرية الخارجية، أي المتعلقـة بمجموعـة مـن الشجر تعيش على رقعة معينة، فلا تستحق حتى أن توصف، رغم أنها حين تكون ناتجة عن اختلافات طبوغرافية أو في طبيعة التربة قد تكون مهمة بالنسـبة إلـى بعض خصائص الخشب المحصل عليه منها.



شكل ٥: يتميز الصنوبر البحري بعدم استقامة عوده، ويتعلق الأمر بمفعول ميكانيكي بيولوجي تم الآن التحكم جيدا في مساره

حصيلة معاينة مؤقتة

على مستوى الخشب في بعده البنيوي، أي خشب البناء، بصفته خشبا مقتطعا من الجذع ومجففا دون أي تغيير، فإننا نكون أمام مادة بناء من النوع الجيد، لها تاريخ عريق في هذا المجال، وإنجازات ميكانيكية جيدة (من مقاومة للالتواء والإجهاد والضغط الجانبي، وصلابة)، علاوة على خفة وزنه (فالصلب أكثر مقاومة من خشب بيسية جيد مثلا بعشر مرات، إلا أنه أثقل منه بعشرين مرة)، وكونه سهل المتناول والتطويع تقطيعا وتركيبا، وبخاصة عن طريق الإلصاق. وغني عن الذكر أن خاصية الخفة تعد ميزة هامة بالنسبة إلى ورشات البناء، إذ تخفض إلى حد بعيد من كلفة البنيات التحتية. ثم إن الخشب ينتمي إلى صنف المواد التي لا يحتاج البناء بها إلى ماء، وهي ميزة أخرى ذات بال، ناهيك عن أن الأدوات اللازمة للبناء بالخشب تكون في العادة أخف بكثير من غيرها من أدوات البناء وأسهل استعمالا، وأن البنايات المشيدة بالخشب تدخل فيها في الغالب أجزاء مصنوعة مسبقا، خفيفة وسهلة التركيب في آن، مما يختصر إلى حد كبير من المدة اللازمة لإنهاء البناء، ويجعل الورش أقل تعرضا لعوامل الطقس أثناء إنجاز العمل.

ثم إن الخشب مادة صديقة للبيئة ولها مقومات وخصائص جمالية لا تنكر.

غير أن بعض خصائص الخشب كانت رغم ذلك تقف حتى اليوم عائقا دون احتلاله المكان اللائق به بين المواد واسعة الاستهلاك.

فالخشب بطبيعته مادة عضوية، أي قابلة للتحلل العضوي، مما يجعله عرضة لكثير من أنواع الهجوم ذات الطبيعة البيولوجية. فما أكثر أصناف الكائنات (من فطر وحشرات وأحياء بحرية) التي تهضم السلولوز وتخرب الخيطين. والشروط التي تهيئ لهذه الكائنات السبل لتخريب الخشب ترتبط عموما بالرطوبة. وقد ابتدع المختصون أنواعا من المواد التي تحول دون حصول هذا التخريب، منها زيوت

نفطية وأملاح معدنية وغيرها. وبعضها فعال إلى درجة أن الخشب الذي عولج بهـا لا يعود يطرح مشكل طول العمر بقدر ما يطرح مشكل التخلص منـه عنـد نهايـة حياته، إذ تعد مثل هذه الأخشاب نفايات ذات طابع خاص على المدى القصير.

رأينا آنفا كيف أن كل الشروط مجتمعةٌ في مصنع الخشب كي تجعل عمليـة النشر أبعد ما تكون عن الاستقرار، حيث تنشأ عن تغير درجة الرطوبة تغيرات في شكل الخشب غير مقبولة جماليا ولا تقنيا، ذلك أن الأخشاب تكون غيـر سـميكة، وأن ما يستعمل منها للتغليف الخارجي يجعل العيـوب، مـن التـواء واعوجـاج وانطواء وغيرها، بادية للعيان، علاوة على أن عوامل الطقس تزيد طينها بلة. وقد كان من شأن دخول التصنيع في عملية إنتاج الخشـب الخـام أن أغـرق السـوق بكميات متزايدة من الخشب الشاب الذي يعاني أكثر من نظيره البـالغ مـن هـذه العيوب، مما أثار في نهاية الأمر قلق بعض البلدان ذات التقاليد العريقة في البنـاء بالخشب مثل السويد.

أما آخر الحجج التي يسوقونها ضد الخشب فهي حجة افتقاره إلى الوثوقيـة. فلأجل التعرف على مقدار جودة الخشب يلجأ المهنيون إلى اختيار عينة من الخشب المعني (أكثر من مائة قطعة)، يجرون عليها اختبارات ميكانيكية لأجل قياس مـدى استجابتها للشروط المطلوبة، ثم يُحتفظ من ذلك برقمين، أولهما متوسط القياسـات، وثانيهما القياس النوعي، وهو قياس يعين الحد الذي لا يعجز عن بلوغـه إلا ٥% من أخشاب العينة المختارة، ثم يحسبون نسبة القياس الثاني إلى الأول. وتعد أرقـام من قبيل ٠،٨٥% أو ٠،٩٠% مقبولة جدا، رغم أنها لا تضمن جودة رفيعة للخشب الذي اختيرت منه، ذلك أن نسبة مثل ٠،٧٥% كثيرا ما تصادَف في أخشـاب مـن النوع المدعو كاملا. أما في الخشب الغليظ فإن النسبة قد تنزل حتـى أدنـى مـن ٠،٤٠%، مما يعني بكل اختصار أنه يتعين حينذاك زيادة حجم القطـع المسـتعملة عن المقياس العادي، وذلك احترازا مما قد يعتريها مع الزمن من ضعف ومن وهن في توزيع الإكراهات كما في احتمالها.

قابلية التحلل العضوي والتقلبات الحجمية والافتقار إلى الوثوقية هي إذن عيوب ثلاثة تضعف موقف الخشب - بسبب الجهل في غالب الأحايين - أمام منافسة مواد البناء الأخرى كالصلب والخرسانة واللدائن. أما العيبان الأولان فيرتبطان أساسا برطوبية الخشب، علما أن ثانيهما يرجع كذلك إلى تغيريته، وخصوصا التغيرية المرتبطة بترتيب المحاور المادية في قطعة من الخشب (فلا أحد يشكو من تغير حجم خشبة جرى نشرها طبقا لهذه المحاور). وأما العيب الثالث فيرتبط أساسا بتقلب حجم الخشب عموما في حال الاستعمال. وتصف الفقرات التالية ثلاث إستراتيجيات مختلفة للتغلب نهائيا على هذه العقبات.

تحويل المادة

تتمثل الطريق الأولى في معالجة الخشب الغليظ معالجة كيميائية أو حرارية أو مائية أو ميكانيكية، وهي أشكال من المعالجة قد تستعمل منفردة أو متداخلة مع بعضها تداخلا يزيد أو ينقص، ولعل اسم "تعدين الخشب" خير ما يمكن أن توصف به هذه التقنيات التي تكون ذات طابع تقليدي يزيد أو ينقص.

فأما التغيير الكيميائي الخالص، فيستعمل على الخصوص من أجل جعل الخشب مقاوما للزمن. وهناك تقنيات ينتظر منها أن تحل محل مادة CCA يجري إعدادها من قبل المصنعين المختلفين، منها كيمياء الخشب، وتقوم على النحاس والبور والتريازول والأمونيوم الرباعي، مع معالجة خاصة للتثبيت. كما أن هناك مواد أخرى يمكنها أن تحد من رطوبية الهيميسلولوز والسلولوز، من مثل أنهدريدات الأحماض والإيزوسيانات والإيبوكسيدات. بل لقد ذهب المختصون حد زراعة أجزاء عضوية صوانية في خشب الصنوبر لجعله غير قابل لتسرب الماء.

بجانب هذه التقنيات الكيميائية، هناك تقنية أخرى تقوم على إشباع سطح الخشب بمادة مكثفة تتصلب بعد وضعها فتملأ مسام الخشب مكونة حاجزا ماديا

صلبا. ومثل ذلك يفعل الشمع تماما، مع فرق أن المعالجة بالمادة المكثفة تدخل قلب الخشب بأبعد مما يبلغه الشمع فتزيد الخشب كثافة ومتانة.

أما المعالجة الحرارية – في حرارة تزيد عن ١٨٠ درجة مئوية – فتمثل بديلا بيئيا مقبولا عن المعالجة الكيماوية وما تتركه من آثار. وقد بينت التجربة أن هذا النوع من المعالجة، في جو هواؤه خامد، تغير من خصائص الرطوبية في الهيميسلولوز، وتحسن في الوقت ذاته من استقرار حجم الخشب ومن مقاومته لعامل الزمن. وأما المعالجة الميكانيكية الحرارية، التي تقوم على تعريض الفراغ في بنية الخلية للضغط تحت حرارة عالية ورطوبة متوسطة، فهي طريقة تعود إلى أواخر القرن التاسع عشر، وتجد الخشب المعالَج بها في مراوح الطائرات والعازلات الكهربائية ومكوكات النساجين. وقد جرى مؤخرا تطوير تقنية مركبة حرارية-رطوبية-ميكانيكية في آن، وذلك في اليابان بادئ الأمر، ثم في أوربا. والأخشاب المعالجة بهذه الطريقة تكون أكثر استقرارا بكثير (حيث إنه يجري تقريبا محو ذاكرة الشكل التي تجعل الخشب يستعيد شكله الأول بمجرد أن يغمس في الماء)، وأكثر مقاومة للزمن، لأن رطوبية الخشب تنخفض إلى حد كبير بسبب التغيير الذي يدخل على تركيبة الهيميسلولوز. وهناك طرائق وتقنيات أخرى كثيرة ظهرت على وجه الخصوص في فترة ازداد فيها الطلب على الخشب واجتهد فيها الصانعون في إرضاء كل زبنائهم المحتملين (قطاعات الكهرباء والطيران والرياضة وغيرها). ونذكر من بين هذه التقنيات تقنية الضغط تبعا للمحور الرأسي، وهي طريقة تعالَج بها بعض أخشاب الورقيات، فتعطي خشبا مرنا مطاوعا يقبل الثني والتشكيل إلى أبعد بكثير من الحدود المعهودة.

ويتجه انشغال التقنيين اليوم إلى إنشاء وحدات معالجة كبيرة مهمتها تأهيل منتجات غابوية معروفة بتغيريتها الضعيفة نسبيا، وذلك من أجل الاستعمالات الخارجية. وهذه التقنيات الجديدة تأخذ بعين الاعتبار ضرورة تكييف المعالجة مع كل نوع من أنواع الخشب، بل وحتى مع الطبائع المختلفة داخل النوع الواحد، وكذا

ضرورة العمل على حل المشاكل التي يطرحها التخلص من الخشب المعالج عند نهاية حياته العملية.

ثم إن أسلحة الحرب ضد أعداء الخشب (من فطر وحشرات) لا تتخذ شكلا كيميائيا أو فيزيائيا فحسب، بل إنها قد تكون على شكل كائنات حية (بعض أنواع الفطر مثلا) يوكل إليها أمر القضاء على كائنات أخرى ضارة.

التصنيف

يجيب تصنيف الخشب على مجموعة أخرى من التساؤلات: هل من الممكن، عبر التتبع والتقييم غير المضرين بالخشب، التوصل إلى إنتاج خشب لا يعاني من نقص مفرط ولا من زيادة مفرطة في النوعية والجودة؟ لا شك أن قوانين البناء الأوربية، التي تصنف الخشب الغليظ حسب معيار مقاومته الميكانيكية، سترغم أصحاب ورشات نشر الخشب على إعلان النوعية الميكانيكية للخشب الذي ينتجونه، على غرار ما هو معمول به في بلدان جنوب المحيط الهادي، وذلك حين يكون الخشب موجها إلى الاستعمالات التي تصيبه بالإجهاد. يبدو المشكل إذن من الناحية التقنية منتهيا، أما من الناحية الاقتصادية، فإن هناك خيارات ثلاثة ذات أهمية قصوى. فكل أنواع التقييم التي يخضع لها الخشب مقبولة، من الطريقة التقليدية القائمة على الملاحظة البصرية التي يقوم بها الإنسان أو تنجزها الآلة، إلى الطرق الحديثة الأكثر تطورا (من ذبذبات صوتية فوق سمعية وذبذبات فيزيائية وأشعة X ومويجات وغيرها). وقد استطاع B. Madsen في ١٩٩٢ أن يقيم الدليل، عبر حملة واسعة بين ورشات نشر خشب الصمغيات في أمريكا الشمالية، على أن الملاحظة البصرية وحدها لا تكفي إلا للتمييز ما بين أجود القطع (مثل عين جذع لا عقدة فيها) وبين أردئها (مثل الأخشاب المنكسرة أو الملتوية أو المليئة بالعقد)، أما فيما بينهما فليست تصلح لشيء، علما أننا إنما نحتاج إلى التقييم فيما بينهما بالذات. وقد أقيم الدليل فيما بعد، وفي مواضع عديدة من العالم، على أن

قياس صلادة الخشب بطريقة إحصائية أو بواسطة الذبذبات، هو أفضل طريقة للتنبؤ بمدى المقاومة في الخشب. فإذا أضيف إليه قياس آخر يتوخى تحديد الكثافة، حصلنا على تصنيف يكاد يكون أمثل تصنيف ممكن.

غير أنه ينبغي ألا ننسى أن هذه الحلقة الجديدة في التغيير الأول، وهي ضرورية من أجل الشروط الجمالية والتقنية التي يقتضيها البناء اليوم، ستكون مكلفة، وأنها ستخلق مهنا جديدة ومقاولات جديدة، علما أنها لن تحل إلا جزئيا مشكل النوعية في خشب البناء (إذ يبقى أن نضمن جفاف الخشب واستقرار حجمه، وأن نؤمّن كمية دنيا من كل منتج من مختلف النوعيات، وغير ذلك).

إعادة التركيب

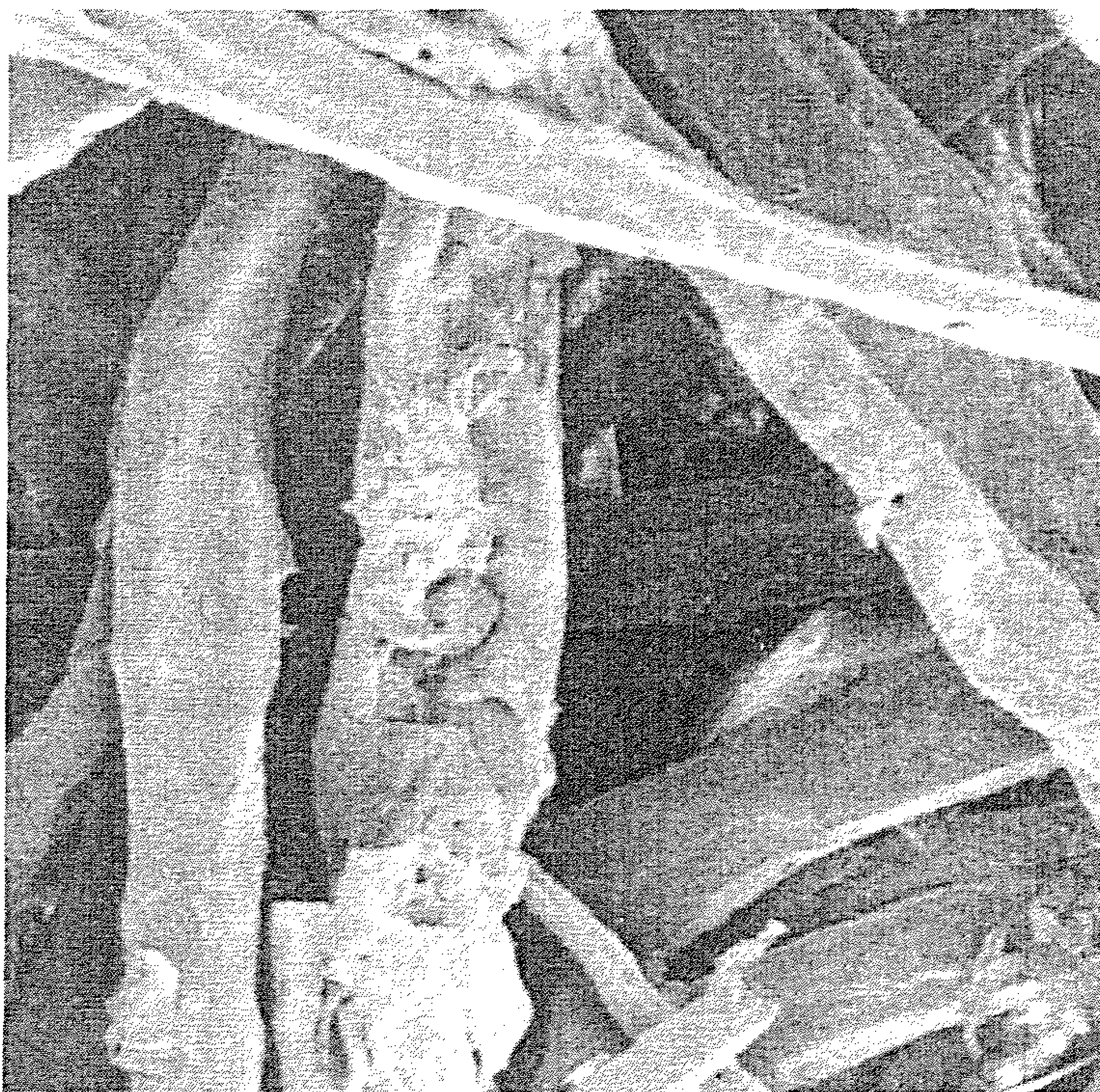
تمثل إعادة تركيب الخشب سبيلا ثالثة من سبل تأهيل مادة الخشب وإعطائها المكانة التي تستحقها بين باقي مواد البناء. فمنذ اكتشاف طريقة صنع الخرسانة وقبلها قوالب الطوب، يعلم الناس جميعا أن تفكيك مادة طبيعية معينة ثم إعادة تركيب أجزائها مع الحرص على تجميعها بواسطة مادة رابطة من قبيل الصمغ أو الغراء، يتيح الحصول على مادة متجانسة، قد فقدت كثيرا من تغيريتها، وتحسنت مقاومتها كثيرا بالمقارنة مع متوسط المقاييس المعروفة فيها. بل إنه من الممكن القضاء على طابع تباين الخصائص الذي يطبع المادة الخام، أو خلق تباين جديد للخصائص، تكون فيه الاتجاهات جميعها - على السطح أو في الفضاء - متكافئة، مثلما هو حال الخرسانة مثلا. وأما قواعد التجانس فهي بسيطة، إذ يكفي أن يتضح لنا، عند فحص أصغر قطعة ممكنة من المادة المركبة، أنها تحتوي على عدد من المكونات الدقيقة يفوق عشرة مكونات، كي نحكم على المادة بأنها متجانسة، وكي نستطيع التحكم في تباين الخصائص فيها.

والصناعة على استعداد منذ زمن بعيد لإقامة وحدات إنتاج للخشب المركب، لأن التقنيات اللازمة لذلك كلها متحكم فيها اليوم، من نشر ولف وتقشير وتقطيع

إلى أجزاء من كل المقاييس وطحن وغير ذلك. ويكفي أن نقول إن صناعة الخشب تستهلك مقادير كبيرة من أنواع الغراء (نحو ٢٥٠ ٠٠٠ طن في فرنسا وحدها).

ونذكر بضعة أنواع من المنتجات المركبة من جيل التسعينات من القرن الماضي، أي التي ظهرت بعد ظهور تقنية الألواح الخشبية المكونة من طبقات ملصقة بعضها فوق بعض. فهناك الخشب المركب بطريقة LVL، حيث يجري ضغط ألواح من الخشب الغليظ فوق بعضها خيطا فوق خيط، لتكوين أعمدة من الخشب السميك المتين الصالح للاستعمال مادة للبناء. وأما طريقة صنع PSL، فتقوم على إلصاق ألواح من الخشب طولها ٣٠ إلى ٤٠ سنتيمترا وعرضها سنتيمتر واحد إلى سنتيمترين، إلصاقها بعضا ببعض وضغطها لأجل صنع ألواح ضخمة طويلة. وهناك طرق عديدة أخرى لإلصاق الألواح فيما بينها، من الطولي إلى العرضي إلى المنحرف والمركب من اثنين من هذه أو منها جميعا، بحيث يحصل التقنيون على مادة متجانسة ومتينة، يقبل عليها الناس للاستعمال في تصنيع قطع الأثاث والزينة (شكل ٦).

تمثل كل هذه المنتجات سلعا جديدة في سوق مواد البناء، تتميز عن غيرها من مواد الخشب بكونها مركبة انطلاقا من مواد متحكم فيها، مجمعة بطريقة متحكم فيها أيضا، يستطيع الزبون الذي يشتريها أن يثق كامل الثقة في الأرقام التي يدلي بها إليه الصانع عن قوة اللوح الذي يشتريه ومتانته وحدود احتماله وعمره المفترض، ناهيك عن أن البائع يزوده كذلك بطريقة التركيب ونصائح حول الصيانة والإصلاح وغير ذلك. أضف إلى كل ما ذكرناه أن هذا النوع من الخشب يسلم حسب المقاييس المطلوبة طولا وعرضا وسمكا، ويسلم مغلفا محفوظا وبطريقة سريعة. بذلك يكون هذا النوع من الخشب مرضيا للمستعمل كما ترضيه منافساته من المواد (كالصلب والخرسانة واللدائن)، علاوة عن احتفاظه بهوية الخشب ونضارته وما يحمله من معاني الخضرة والحياة. والأخشاب الطبيعية التي يمكنها مضاهاة الخشب المركب قليلة، قد نعد منها خشب البالزا وخشب بعض الأشجار المدارية.



شكل ٦: ألياف ذات كثافة ٠،٤. تكون ألياف الصنوبر البحري مغلفة بطبقة من غراء UF وتشكل وسادة مضغوطة تحت الحرارة العالية

تعد الأخشاب المركبة المضغوطة ثمرة لأبحاث قادتهـا شـركات كبـرى للإنتاج، وهي تصنع في معامل خاصة، تشغل ما يقرب من مائة عامل فـي كـل وحدة، وتكون قريبة من الغابة مورد الخشب. وتتزود وحدات إنتاج هذا النوع مـن الخشب من غابات مزروعة تمدها بالمادة الأولية خشبا شابا يكون بطبيعتـه طيعـا لكل أنواع التفكيك والتركيب.

خاتمة

كل هذه التطورات التقنية المتوقعة التي تحدثنا عنها ستكون مصحوبة بانقلاب قد بدأت بوادره تبدو على قطاع الخشب، من عولمةٍ وتركيز للمؤسسات وتقنياتٍ متقدمة وتكوينٍ للعاملين في هذا المجال. ولعل الجانب الوحيد المحزن في الأمر هو ما سيترتب على ذلك من انقطاع صلةٍ بين الغابة التقليدية ونظيرتها المزروعة، المتكونة من نوع واحد من الشجر الصمغي ذي النمو السريع، الموجه لتزويد معامل التفكيك والتركيب بالمادة الأولية. وتتركز الغابة المزروعة في المناطق التي تتوفر فيها الظروف الترابية والمناخية الملائمة، وتكون دائما قائمة جنب الغابة التقليدية التي توفر لكل بلد حصته من "التنوع الأحيائي". ويتيح مثل هذا التوجه في بلد مثل فرنسا إنتاج خشب من الورقيات ذي نوعية جيدة للأثاث والتزيين.

بفعل النمو الديمغرافي، وارتفاع مستوى العيش، والمتطلبات الجديدة المتعلقة بتدبير الكوكب تدبيرا مستديما، واستحسان المستهلكين للخشب المركب، وما يتميز به هذا الخشب من ميزات صحية تقوي جانبه في مواجهة المواد المنافسة، والتطورات التكنولوجية (شريطة أن تنصب الأبحاث كما ينبغي لها على إيجاد تقنيات ملائمة في مجال الصيانة والإلصاق، بفعل هذا كله فإننا مقبلون دون شك على زمن سيرتفع فيه الطلب على المواد الغابوية ارتفاعا كبيرا – إذ يتحدث بعض الخبراء عن ارتفاع بنسبة ٣٠% في الطلب على الألواح الخشبية في أوربا في أفق ٢٠٢٥ – ولا شك أن الخشب، بما يحمله من مجد عريق ومن تنوع وافر، سيكون في الموعد.

البلاستيك والمطاط الاصطناعي(١٥)

بقلم جيرار جالا
Gérard GALLAS

خصائص المواد

الحالات الثلاث للمادة

تتخذ المادة أشكالا ثلاثة، فتكون صلبة وسائلة وغازية. فأما المادة الصلبة فتتكون من تراص ملتحم من الذرات أو الجزيئات، يكون في الغالب تراصا منظما. وحال المادة السائلة كحال سابقتها في تراص الذرات أو الجزيئات والتحامها، مع فرق أن التراص يكون هنا في الغالب في غير ما انتظام، بحيث تستطيع الذرات أو الجزيئات الانزلاق فوق بعضها، مما يتيح للسائل أن يندلق ويسيل. وأما الغاز فلا تراص بين الذرات أو الجزيئات فيه ولا التحام، فضلا عن النظام، بل إن تلك المكونات تكون بعيدة عن بعضها بعضا، وهي تتحرك بسرعة كبيرة، وكلما ازدادت الحرارة ارتفاعا ازدادت هي طاقة حركية وسرعة.

وتبعا للحرارة والضغط، فإن جسما واحدا قد يتخذ هذا الشكل أو ذاك من الأشكال الثلاثة التي ذكرناها. فالثلج يذوب فيصبح ماء، والماء يتبخر فيصير غازا. فحين تسخن جسما صلبا فإنك تزيد الجزيئات فيه اضطرابا وهيجانا، حتى تبلغ حدا تدمر معه أضعف قوى التلاحم التي تشد أجزاءه إلى بعضها. حينذاك ينهار البناء الذي كان قائما ويتحول الصلب إلى سائل. وهذا الانتقال قد يكون عنيفا، إلا أنه في غالب الأحوال يقع ببطء، مع تتابع حالات بينية تتميز بلزوجة تتناقص مع ارتفاع الحرارة حتى تفضي إلى السائل.

---

(١٥) نص المحاضرة رقم ٢٨٥ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١١ أكتوبر ٢٠٠٠.

أما المواد التي سنتحدث عنها هنا تحت اسم المـــواد المكثفـــة، فـــيمكن أن نصنفها ضمن الأجسام الصلبة، وقد نضيف إليها نعت المطاطة. ويتطلب استخدامها الرفع من حرارتها قليلا لجعلها مطواعة بما يكفي لإعطائها الشكل المرغوب فيـــه كي تصبح أدوات صالحة للاستعمال.

لذلك فإن تقنيات التصنيع المعتمدة اليوم تقوم على نقل المادة باستمرار مـــن حال صلب مطاط بدرجة تزيد أو تنقص، إلى حال ســـائل ذي لزوجـــة تزيـــد أو تنقص، وذلك بصفة قد تكون قابلة للانعكاس وقد تكون غير قابلة له.

التبلر واللاتبلر

حين تكون الحالة الصلبة متميزة بتنظيم هندسي متكرر تخضع له الـــذرات، فإننا نقول عند ذلك إن بنيتها بنية بلورية. وتلك هي البنية التي نجدها فـــي أغلـــب المعادن وفي الماء حين يكون ثلجا. وتتميز المـــواد ذات البنيـــة البلوريـــة بنقطـــة انصهار واضحة، حيث تنتقل مباشرة من الحال الصلبة إلى الحال الســـائلة حـــين تتجاوز درجة الحرارة نقطة الانصهار تلك.

وهناك مواد أخرى، منها الزجاج مثلا وكذا أغلب المواد المكثفة، تتكون من ركام من الذرات أو الجزيئات الملتحمة بعضها ببعض، لكن في غير ما نظام. فـــي هذه البنيات المسماة غير بلورية أو لامتبلرة، لا تنتقل المادة فجأة مـــن حـــال إلـــى حال، إذ إن الاضطراب الجزيئي الناشئ عن الحرارة يفضـــي رويـــدا إلـــى فـــك الارتباطات الضعيفة بين الجزيئات، فتتراخى جوانب الجسم الصلب ويصبح لدنا ثم رخوا مع ارتفاع درجة الحرارة.

المطاطية واللدونة

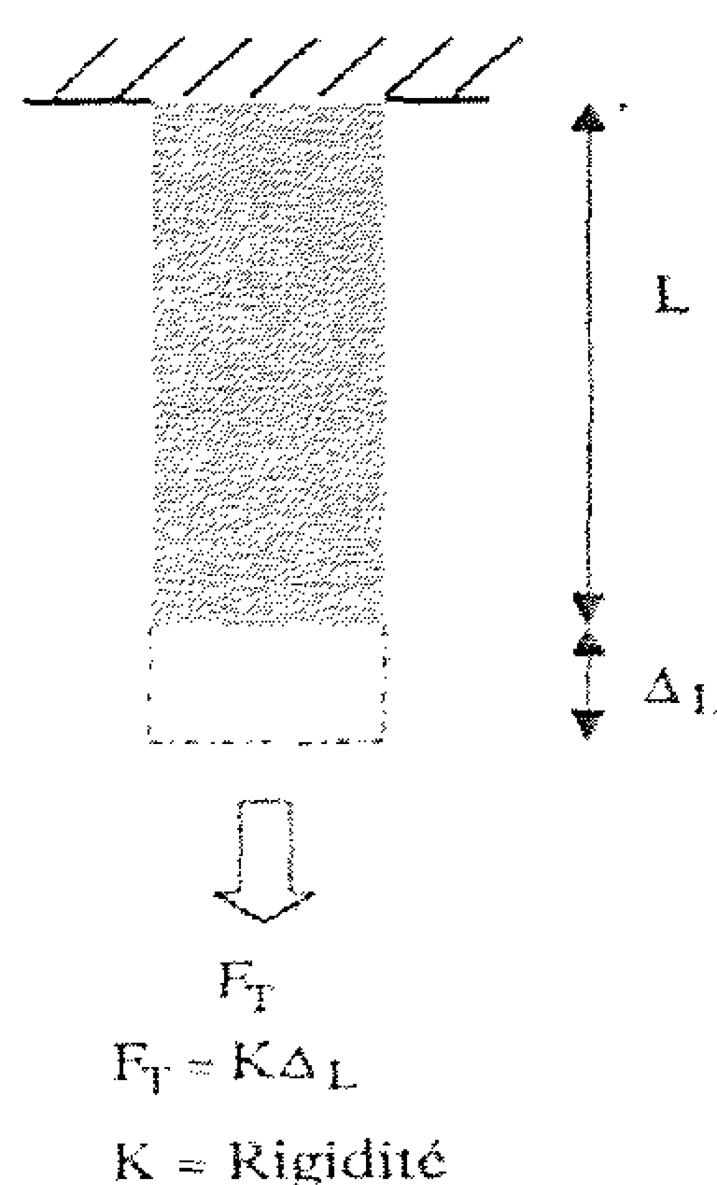
تتميز الأجسام الصلبة في الغالب بصلابتها الظـــاهرة أو مطاطيتهـــا. فـــإذا عرضنا عينة اختبارية طولها "ط" (شكل ١) لقوة شد، فإننا سنلاحظ أن طولها يزداد

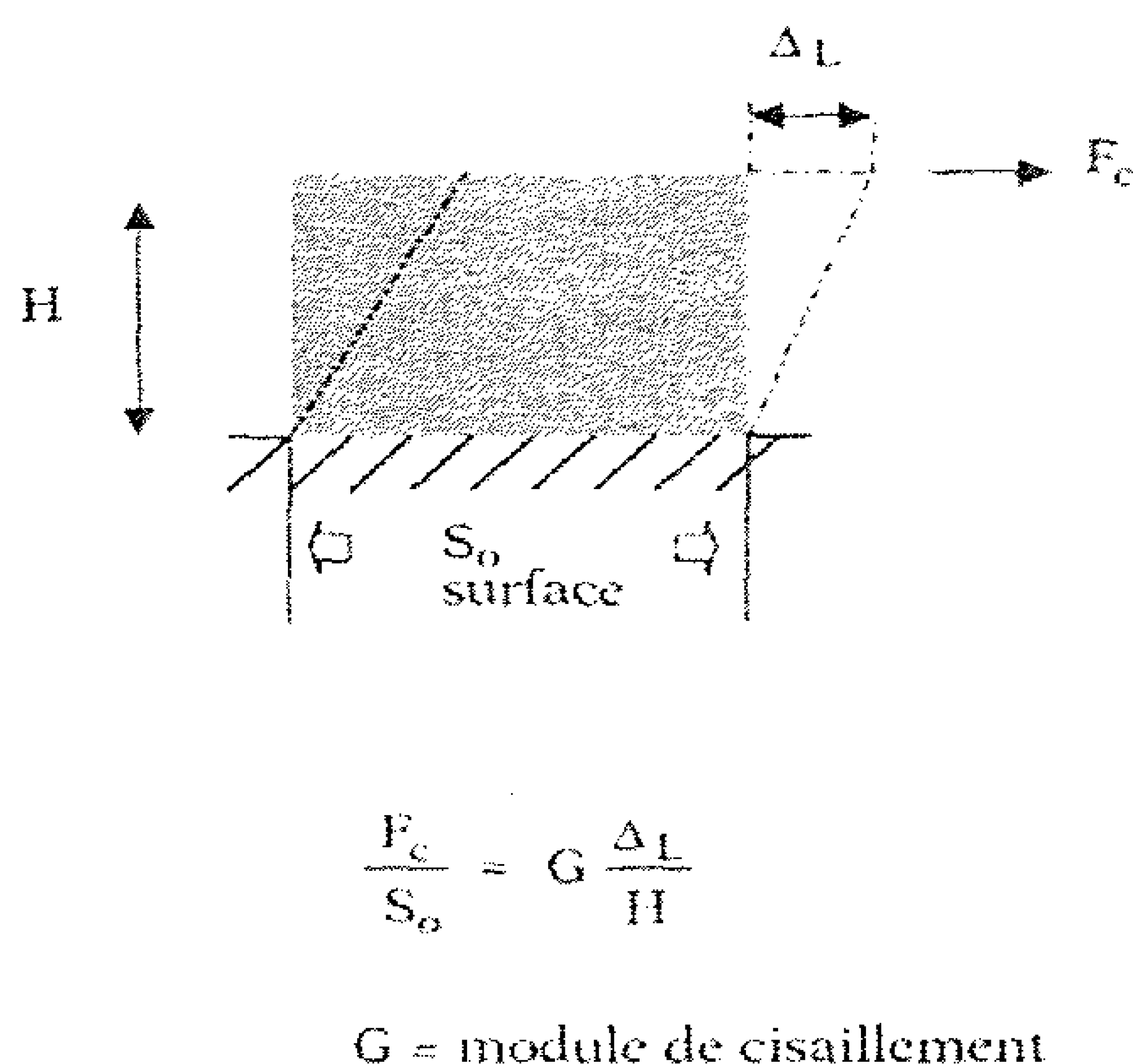
بمقدار "ز". ويكون المجهود "م" متناسبا مع الزيادة "ز"، ومعامل التناسب بينهما هو ما يحدد مطاطية العينة أو صلابتها.

أما إذا مارسنا على العينة قوة قارضة، فإنه من الممكن البرهنة على أن إكراه القرض (وهو نسبة القوة المطبقة إلى التغير في مقطع العينة) متناسب مع التغير الحادث في طول العينة تبعا للقرض على جانبها.

ويعرف معامل التناسب "م" باسم "مقياس القرض". ويتيح مقياس المطاطية وضع تصنيف أولي للمواد تبعا لصلابتها. هكذا سنجد أن الخزف أكثر صلابة من المعادن، وأن هذه الأخيرة أكثر صلابة من المواد البلاستيكية، وبطبيعة الحال أكثر من المطاط الاصطناعي. وهناك علاقة قابلة للتفسير فيزيائيا بين معامل المطاطية في مادة معينة وبين صلابة تلك المادة. غير أنه لا ينبغي أن نذهب حد اعتبار أن هناك تناسبا مباشرا بين الخاصيتين، لأن معامل المطاطية كمية قابلة للقياس، في حين أن الصلابة قابلة للوسم، وحساسة في الآن ذاته لطريقة التحديد المستعملة.

Plastiques et élastomères





المطاطية واللدونة

رجوعا إلى تجربة الشد أو القرض، فإننا متى أزلنا القوة الجاذبة أو القارضة، نلاحظ أن العينة تعود لتتخذ شكلها الأول، ونقول عندها إن المادة المعنية مادة مطاطة. أما إذا كان الأمر على عكس ذلك، فإن شكل العينة يبقى متغيرا تغييرا بسيطا، ونقول عندها إن المادة لدنة. والقاعدة العامة هي أن المواد تبقى مطاطة ما لم يجاوز تغيير الشكل فيها حدا معينا، فإذا جاوزته فإنها تخرج عن "حد المطاطية" لتدخل في مجال اللدونة، وهو ما يترجم بتغيير في الشكل غير قابل للانعكاس.

هكذا يمكن للصلب أن يستعمل في المجال المطاطي لتصنيع زنبركات، وفي المجال اللدوني لتصنيع جزء من هيكل سيارة مثلا. أما المطاط والبلاستيك، فإنهما علاوة على كونهما يتميزان بمقياس مطاطية أدنى بكثير من نظيره في باقي المواد، يتميزان برقعة مقاييس واسعة كذلك، وتلك خاصية أساس في العائلة الكبرى، عائلة المواد المكثفة التي تنتمي إليها هاتان المادتان.

المواد المكثفة

المواد المكثفة عبارة عن ثمرة لتفاعل كيميائي يدعى "التكثيف"، ويتيح الانتقال من مجموعة من الجزيئات الصغيرة المسماة بسيطة الجزئيات monomères، إلى جزيئات أكبر منها كبيرة الجزئيات macromolécules، تكون في العادة خطية، ويجري الحصول عليها عبر إعادة إحداث التفاعل مرات متعددة. هكذا نحصل على البوليستيرين عبر تكثيف جزيء الستيرين، ونحصل على البولياتيلين عبر تكثيف جزيء الأتيلين.

وتنقسم تفاعلات التركيب القائم على التكثيف إلى قسمين رئيسين: تفاعلات التكثيف "المتسلسل"، وتفاعلات "الإضافة المتعددة" polyaddition و"التكثيف المتعدد" polycondensation.

فأما تفاعلات التكثيف المتسلسل، فتتميز بتكوين خطـي للجزيئـات كبيـرة الجزئيات، تماما كما يُكون عمال السكة الحديد قطارا للمسافرين بتركيب مقطوراته واحدة وراء واحدة. وأما تفاعلات الإضافة المتعددة والتكثيف المتعـدد، فيتميـزان بكونهما يجمعان بين مجموعات من الجزيئات كبيرة الجزئيات تزداد طولا كلما زاد التفاعل تقدما، تماما كما يفعل عمال السكك عند تركيب قطار بضائع، إذ يضـيفون في كل مرة إلى السلسلة مجموعة جديدة من المقطورات قادمة من وجهة مختلفـة عن وجهتي سابقتها ولاحقتها.

والطول المتوسط للجزيئات كبيرة الجزئيات له أثر هام فـي مـا ستكتسـبه المادة المكثفة الناتجة عن ذلك من خصائص، علـى رأسـها الصـلابة ومقيـاس المطاطية. وهذا التفاوت في طول السلاسل هو الذي سيقود إلى تصـنيف المـواد المكثفة في عائلتين كبريين، تبعا للحد الذي يمكن لكل منها أن يبلغه دون أن يفقـد قدرته على استعادة شكله الأولي (انحراف قدره ١٠ % بالنسبة إلى الصلب مثلا).

أما أولى العائلتين، وتتميز بمطاطية كبيرة، فهي عائلة المطاط الاصطناعي. ويبلغ حد المطاطية في هذا النوع من المواد ٥٠٠% بل وحتى ١٠٠٠%، مما يعني أنها تتمطط حتى تُضاعف طولهَا من خمس مرات إلـى عشـر دون أن تتمـزق. ونتحدث عند ذلك عن المطاطية الفائقة، ومن الأمثلة المعروفة فـي هـذا المجـال المطاط المعالج بالكبريت، والذي يعرف باسم المطاط المفلكن.

وأما العائلة الثانية، والتي يتراوح حد المطاطية فيهـا بـين ١٠% و٢٠%، فهي عائلة المواد البلاستيكية، وتتضمن أغلب المواد المعروفة بهذا الاسـم، مثـل البولياميد والبوليتيلان.

لكن إذا كان حد المطاطية رهينا إلى درجة بعيدة بطول سلسـلة الجزيئـات كبيرة الجزئيات، فإن هناك عاملا آخر يتعين أخذه في الحسبان في هـذا المجـال، ونعني الترابط أو الاتكال المتبادل بين الجزيئات.

ففي الحالة الصلبة تكون هناك بين الجزيئات ترابطات طاقية يمكن وصفها بالضعيفة نظرا إلى ما يتطلبه كل منها من قدر ضئيل من الطاقة. غير أن هناك عددا هائلا من هذه الترابطات، مما يجعل مجموع قوتها كبيرا، تماما كما تجتمع خيوط المعكرون الساخنة مع بعضها في الطبق فتكون حزمة واحدة. ولعل الرابط الهيدروجيني في البولياميد خير مثال على ذلك.

فإذا ما قمنا بتسخين مثل هذا المواد وهي في الحالة الصلبة، فإن الهياج الحراري سيدمر تلك الروابط الضعيفة، لكن دون تدمير الروابط الكيميائية (روابط التكافؤ) التي تُكون الجزيئات كبيرة الجزئيات. ورجوعا إلى تشبيه السلاسل بطبق المعكرون، سنقول إن خيوط المعكرون ستندلق إذا ما نحن شرعنا نخض الطبق خضا. فالخض قد يبلغ من القوة مبلغا يجعل الغراء الدهني الذي يلصق الخيوط ببعضها ينحل، لكنه لن يجعل الخيوط تنقطع. بذلك تنتقل المادة من حال الصلب إلى حال السائل، مرورا بمرحلة من اللزوجة التي تتناقص كلما أمعنا في رفع درجة الحرارة، فإذا ما نحن عدنا نخفضها عاد إلى الجزيئات هدوؤها وإلى السلاسل ترابطها فيما بينها، وعادت المادة من جديد إلى حالها الصلب، مكتسبة هذه المرة شكل الوعاء الذي بردت فيه (وهي عملية القولبة).

تكون العملية إذا قابلة للانعكاس، ونقول عندها إن المادة ترموبلاستيكية، أي أنها بواسطة الحرارة تتخذ الشكل الذي نريد لها أن تتخذه. والانصهار يكون مباشرا حين يتعلق الأمر بمادة بلورية، ومثال ذلك الثلج، ويكون بطيئا في المواد اللامتبلرة كالمواد المكثفة. غير أن الروابط الكيميائية في بعض المواد المكثفة قد تكون قوية،على شكل جسور بين الجزيئات كبيرة الجزئيات تربط فيما بينها. وهي جسور يمكنها أن تقوم أثناء عملية التكثيف أو بواسطة ارتباط كيميائي تكميلي. وتلك حال أصماغ البوليستر مثلا. ولعل أشهر مثال يمكن سوقه في هذا المجال هو مثال المطاط المكلفن الذي ذكرناه آنفا. والجسور هذه متى قامت لا يعود هناك سبيل إلى هدمها، كما لا يؤثر فيها الهياج الحراري عند التسخين. والنتيجة أن

المادة تصبح غير قابلة للذوبان، ونقول عندها إنها مادة متصلبة بالحرارة thermodurcissable.

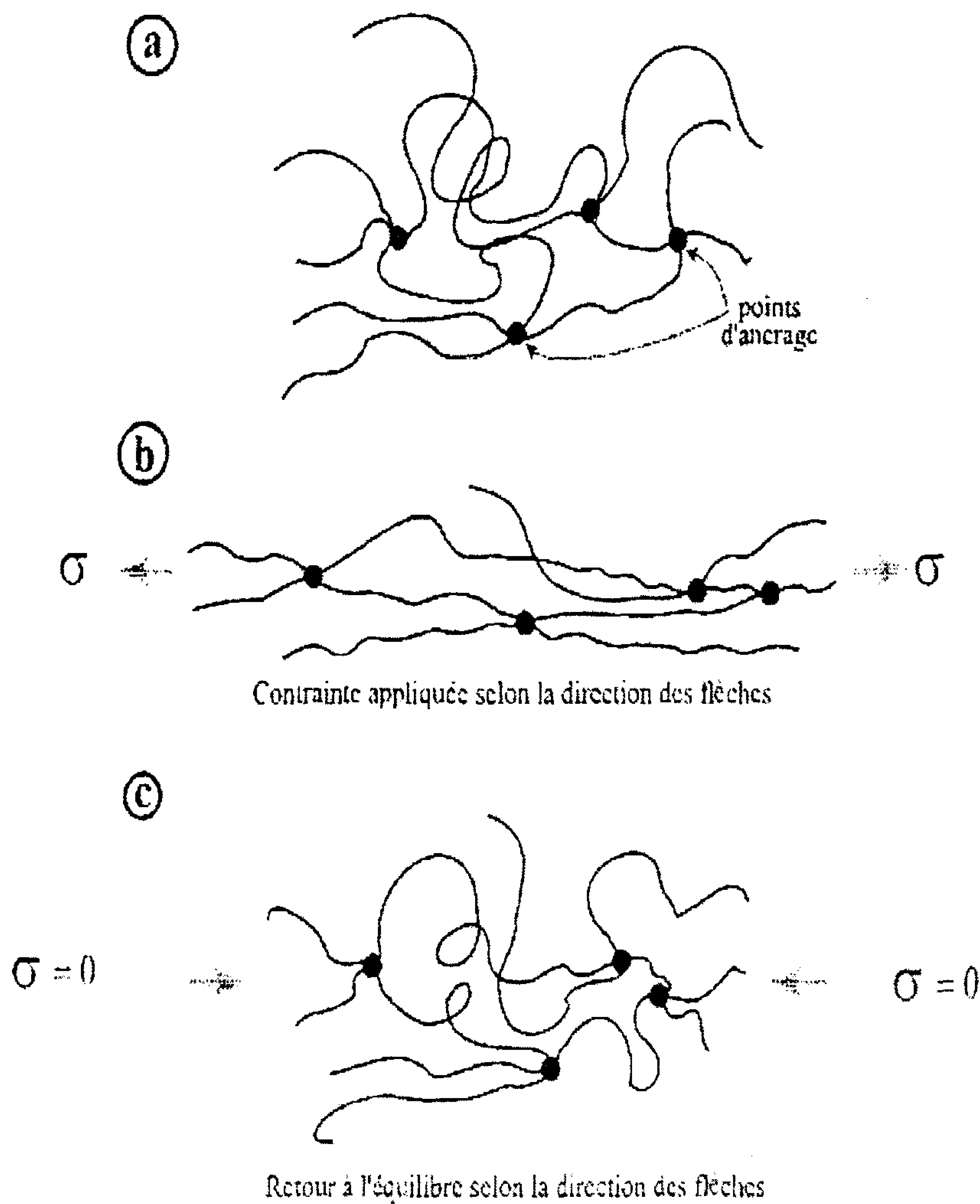
هناك آثار أخرى لهذه الروابط التي تقوم بين الجزيئات كبيرة الجزئيات، ونعني أنها قد تنتقل بالشبكة الجزيئية من حال البنية الخطية (مثال طبق المعكرون)، إلى حال البنية ثلاثية الأبعاد، مما يعطي للمادة خصائص ميكانيكية هامة (فكأنك عمدت إلى خيوط المعكرون فربطت بعضها ببعض). فإذا ما تعرض النسيج للضغط، فإن الخيوط تنزلق فوق بعضها، فيفقد النسيج شكله الأول ولا يعود إليه بعد ذلك أبدا. وحين يكف الضغط يحتفظ النسيج بحالته التي ترك عليها، ونقول عندها إن المادة قد تميعت، وتلك خاصية من خصائص اللدونة. أما في حال المواد المتصلبة بالحرارة، فإن الروابط القائمة ما بين الجزيئات تغير من شكلها، لكن ذلك التغيير لا يكون دائما، حيث إنه ما إن ينقطع الضغط حتى تعود الجزيئات لتكتسب شكلا أقرب إلى شكلها الأول. ونقول عندها إن المادة مطاطة (شكل ٢). غير أنه إذا كان الضغط شديدا إلى درجة تحطيم الروابط بين السلاسل الجزيئية (أي متى زاد عن حد المطاطية في المادة)، فإن ظواهر الميوعة ستبدو على المادة، مما يجعل التغير في الشكل يصبح دائما لا رجعة له.

المطاط الاصطناعي

نبذة من تاريخ المطاط الطبيعي

قلة هم الفرنسيون الذين يعلمون أن بلادهم كانت وراء اكتشاف المطاط الطبيعي. فرغم أن مذكرات رحلات كريستوف كولمبوس تحدثت منذ القرن الخامس عشر عن استعمال الهنود الحمر للحلباب أو لبن النبات latex، إلا أنه قد تعين انتظار عام ١٧٣٥، لينتبه فرنسي هو Charles-Marie de la Condamine – وهو عالم أرسلته الأكاديمية الفرنسية ليقيس طول أحد خطوط الطول في القارة

الأمريكية عند خط الاستواء - إلى أن السكان المحليين هناك يستعملون المطاط زادا لمشاعلهم.



رسم تبياني لتطور المطابقة في مادة بلاستيكية حسب الإكراهات التي تتعرض لها

واسم كاوتشوك الذي يعرف به المطاط يعود في أصله إلى تعبير بلغة الهنود الكيتشوا، معناه "الخشب الذي يبكي". فقبل الميلاد بزمن بعيد كان الهنود يصنعون منه كرات ليلعبوا لعبة تلاشلي التي يتبارى فيها فريقان من اللاعبين يسعى كل منهما إلى إبقاء الكرة في الفضاء أطول وقت ممكن، على أن يرميها اللاعب بخصره فقط، والهدف إدخال الكرة في حلقة. وهي لعبة يمكن اعتبارها سلفا للعبة كرة السلة التي نعرفها اليوم. وتجدر الإشارة أيضا إلى استعمال الهنود لهذه المادة منذ القدم لصناعة الأحذية أو لجعل الثياب مقاومة لتسرب المياه.

عاد Charles de la Condamine إلى أوربا، فشرع يمدح خصال المطاط للناس ويدعوهم إلى استعماله، قبل أن يسلم المشعل إلى فرنسي آخر هو François Fresneau، وهو مهندس في البحرية الملكية، كان أول من وصف شجر المطاط وأول من استعمل تقنية فصد الشجر لاستخراج المادة الخام (وهي تقنية لا تزال معتمدة إلى اليوم)، وأول من أخضع لبن الخشب للدراسة العلمية.

بقي استعمال المطاط في أوربا حتى نهاية النصف الأول من القرن الثامن عشر استعمالا قليلا ومحدودا، من مثل اتخاذ الإنجليز إياه مادة لصنع ممحاة لمحو الحبر والرصاص يسمونها المطاط الهندي. ثم شرع بعض الباحثين الصناعيين يخلطون به مواد مختلفة بغية تحسين خصائصه، مما أفضى بإنجليزي هو Thomas Hancock إلى اكتشاف اللّوك mastication في لندن عام ١٨٢١. وقد كان من شأن هذه العملية – وهي سلف عملية الخلط الحديثة – أن أتاحت، بكسرها الجزيئات كبيرة الجزيئات في المطاط، إدماج المواد المقوية فيه.

وجاء عام ١٨٢٣، فاكتشف الاسكتلندي Chrles Mac Intosh طريقة لجعل الملابس غير قابلة لتسرب الماء، وقد خلد اسمه المعطف الشهير.

غير أن المطاط بقي حتى ساعتها يشكو من عيب رئيس، هو كونه يصبح رخوا لزجا متى ارتفعت درجة الحرارة، وقاسيا سهل الكسر متى انخفضت.

ثم جاء عام ١٨٣٩، فقادت الصدفة أمريكيا هو Charles Goodyear إلى اكتشاف طريقة لجعل المطاط أقل تأثرا بتغير درجة الحرارة، وذلك عبر خلطه بالكبريت وتسخينه، فكان في ذلك مولد الفلكنة التي فتحت الباب واسعا أمام عدد كبير من التطبيقات.

غير أن هذا التطور ما لبث أن خلق حاجة متزايدة إلى المواد الأولية، فسرعان ما تركزت أماكن تجميعه في منطقة الأمازون، التي شهدت وقتها تطورا كبيرا وتوسعا أشبه ما يكونان بما وقع عند السباق إلى الذهب... كان ذاك العصرَ الذهبي لجنّائي المطاط...

لكن في عام ١٨٧٦ استطاع مغامر بريطاني هو H.A. Wickam أن يهرب بذور شجرة المطاط إلى إنجلترا، ومنها نقلت البذور إلى آسيا، فكان ذلك إيذانا بميلاد مزارع المطاط الأسيوية العملاقة في أقصى شرق آسيا، وهي المزارع التي وضعت حدا للعصر الذهبي للغابة الأمازونية. واليوم فإن أكبر الدول المنتجة للمطاط على المستوى العالمي هي تايلند وأندونيسيا والفلبين وماليزيا.

ثم حلت سنة ١٨٨٧ فابتدع الأيرلندي John-Boyd Dunlop أول عجلة مطاطية، فاختفى الخشب من عجلات السيارات لتحل محله إطارات من المطاط الغليظ، حتى اخترع الأخوان Michelin الإطار القابل للنفخ، وبفضلهما رأت النور في ١٨٩٥ أول سيارة مجهزة بهذا النوع من الإطارات، سيارة L'Eclair.

وسعر المطاط الطبيعي اليوم مرتفع وهو في ارتفاع. ولا غرو، فالمطاط مادة إستراتيجية لا غنى عنها للجيوش في حال الحرب. ذاك ما دفع بالكيميائيين الألمان خلال الحصار الذي تعرضت له بلادهم أثناء الحرب الكونية الأولى، إلى إجراء بحوث أفضت بهم إلى اختراع المطاط الاصطناعي، المعروف باسم Buna.

ثم جاء عام ١٩٣١، فـاخترع الأمريكـي Du Pont de Nemours مـادة البوليكلوروبرين، المعروف باسمه التجاري Néoprène.

وقامت الحرب الكونية الثانية، فوجدت الولايات المتحـدة نفسـها ضـحية الحصار الذي ضربه اليابانيون على شواطئها، وكان من نتيجة ذلك أن رأت النور أنواع عديدة من المطاط الصناعي المستخرج من البترول، دخلت مرحلة الإنتـاج الصناعي بداية من عام ١٩٥٢، مع انطلاقة البتروكيمياء. وبعد ذلك بعقد واحد، أي في سنة ١٩٦٢، ظهر أول مطاط اصطناعي قابل لتغييـر شـكله مـع الحـرارة thermoplastique، هو المعروف باسم polyuréthane.

الفلكنة

لا تزال تقنية الفلكنة بالكبريت التي اخترعها الأمريكي goodyear مستعملة إلى يومنا هذا، رغم أن الأبحاث التي جرت فيما بعد قد مكنت من فهم الآليات التي تتدخل في ذلك، ومن ثمة الحصول على نتائج أفضل. فبفضل هذه الروابط وحيـدة الكبريت أو متعددته، تفضي الفلكنة إلى شبكة من الجزيئات كبيرة الجزئيـات، ذات بنية ثلاثية الأبعاد، مما يعطي للنسيج خاصية المطاطية الفائقة التي تميزه. ولـيس الكبريت هو وحده المستعمل اليوم في الفلكنة، بل إن هناك مواد أخرى، مثل بعض البيروكسيدات العضوية والأكسيدات المعدنية وبعض الأصـماغ الفينوليـة، تتـيح الحصول على نتائج مشابهة.

تفضي هذه الأنظمة جميعا إلى درجات مختلفة من الفلكنة، تعطي أنواعا من المطاط تختلف فيما بينها في الكثافة والمطاطية. وينبغي، تبعا للمواصفات المطلوبة في المطاط، العمل على التوفيق بين الخصائص المتناقضة. وتتمثل قدرة الكيميائيين الإبداعية في تحديد المقادير اللازمة للحصول على الخاصية المطلوبة في المطاط.

التركيبة

تتمثل التركيبة في اختيار طبيعة المكونات وكمية كل منها. ويمكن تصنيف مكونات تركيبة المطاط في ما يلي:

- نوع واحد أو عدة أنواع من المطاط الاصطناعي أو الطبيعي، يجري اختيارها طبقا للمواصفات المطلوبة في المطاط (من خصائص ميكانيكية ومقاومة للتأكسد وللزمن واحتمال للحرارة وغير ذلك). ويعطي معيار ISO 1629 تصنيفا لأنواع المطاط هذه حسب طبيعتها الكيميائية.

- مواد مقوية، وبالخصوص سواد الكربون noir de carbone، الذي يستخرج عادة من أحد مشتقات البترول، وهو الذي يعطي للمطاط تماسكه وخصائصه الميكانيكية. فإذا قلنا إن الفلكنة إذ تقيم الروابط الكيميائية بين الجزيئات تصنع عضلات المادة، فإن الكربون يصنع هيكلها العظمي.

وهناك مواد أخرى (مثل الصوان والصلصال والطباشير) يمكن استعمالها مقويات للمطاط. غير أن خصائصها "المقوية" لا تقاس بما يوفره الكربون، ويستعملونها خصوصا حين يريدون تحسين خاصية معينة في المطاط؛

- مواد مميعة، وهي في الغالب بعض أنواع الزيوت، ومهمتها تسهيل خلط مواد التركيبة، رغم أن لها دورا لا يستهان به في تكوين الخصائص النهائية التي ستميز المطاط المصنَّع.

وفي حال الزيوت على الخصوص، فإن درجة العطرية تؤثر بدورها في تكوين الخصائص الديناميكية التي تميز المطاط المصنع، وكذا في درجة مقاومته للإجهاد.

- نظام الفلكنة، إذ ينبغي، علاوة على المواد المذكورة، إضافة آلات مهمتها تسريع عملية الخلط وضبط أطوارها حتى يمكن الحصول على أفضل النتائج وبأفضل الشروط الاقتصادية.

- مواد إضافية مختلطة، مهمتها إعطاء المادة المصنعة خاصية أو خصائص معينة، من مواد مضادة للتأكسد أو للحريق أو مواد نافخة للحصول على نسيج خلوي وما إلى ذلك.

تصنيع المطاط الخام

تتمثل أولى خطوات التصنيع في الحصول على خليط "خام"، أي خليط متجانس يحتوي كل المكونات، لكنه لم يخضع للفلكنة بعد.

تُجعل المكونات بعد وزنها في آلة خلط خاصة بهذا النوع من العمليات، يمكنها أن تتخذ أحد الأشكال التالية:

- آلة خلط ذات أسطوانات، تتكون من أسطوانتين تدوران في اتجاهين متعاكسين لخلق حركة احتكاك بين المكونات تجعلها تندمج فيما بينها. وقد ظلت هذه الطريقة ردحا من الزمن هي الوحيدة المستعملة، وهي إلى اليوم لا تزال تستعمل في خلط الكميات القليلة أو عند صنع خليط خاص.
- آلة الخلط الداخلية، وتتكون من غرفة تدور في داخلها مروحتان على شكل مراوح السفن. ويكون أحد جدران الغرفة متحركا يدفعه من خلفه مكبس ضخم، وفي أعلاها مدخل للتعبئة تُفرغ منه فيها المواد الداخلة في التركيبة، وفي أسفلها مخرج للمادة المصنعة.

تجري عملية الخلط طبقا لبرنامج محكم موضوع مسبقا، يتضمن ضبطا للمواقيت ولدرجات الحرارة والطاقة المستهلكة في كل طور من أطوار العملية.

وتبدأ العملية في العادة بتمييع المطاط لتسهيل إدماج المكونات الأخرى فيه، ثم يعرض الخليط بعد مروره من آلة الخلط الداخلي لعمليات خلط تكميلي في آلة الخلط ذات الأسطوانات. وبعد مراقبة الخليط للتأكد من نوعيته، يجري إخضاعه

لعملية تكميلية تسهل التغيير الذي سيلي ذلك، من شد لتكوين شريط يزود آلة طباعة بالحقن أو آلة إفراغ في القوالب أو غير ذلك.

هناك سبل عديدة يمكن اتباعها للمرور من المادة الخام إلى الأدوات والأشياء المصنعة من المطاط المفلكن.

أما القولبة فتتمثل في إفراغ الخليط الطازج في القوالب ثم تسخينه بعد ذلك وإنضاجه تحت الضغط. وتتيح الفلكنة هنا أعطاء الشيء المصنع شكلا يستطيع هذا الشيء استعادته إذا تعرض بعد ذلك لضغط أو ما شابهه. أما الإفراغ في القوالب فيستعمل في الغالب لصناعة الأشياء ذات الأبعاد الكبيرة (كالصمامات والأنابيب وغيرها)، حيث يفرغ المطاط في آلة قوالب تجعله يمر من نظام آلي يمده باللدونة الكافية، ثم يحقن في نظام آخر يعطيه شكلا قريبا من الشكل النهائي الذي سيتخذه الشيء المصنوع.

بعد ذلك يجيء دور عملية تسخين إضافية (مرور في فرن أو في حمام أملاح) هدفها الفلكنة والحفاظ على الشكل النهائي. وهناك وسائل أخرى يمكن اللجوء إليها حسب الخصائص المطلوبة في الشيء المراد صنعه، مثل تقنية الصقل لتصنيع الأثواب، أو تقنية النسيج المطاطي، التي تقوم على إعداد عناصر من المطاط الخام عن طريق القولبة مثلا، ثم إفراغها في قالب ضغط مع خيوط تقوية من المعدن أو النسيج. ولعل أشهر مثال يضرب في مجال هذه التقنية هو الطريقة المتبعة في تصنيع إطارات عجلات السيارات.

المطاطية ومقاومة الصدمات

علاوة على المطاطية الكبيرة التي يتمتع بها المطاط، فإنه يتيح كذلك صنع عناصر لدنة تتميز بالقدرة على الانثناء في اتجاهات عديدة. وقليلة هي المواد التي تتيح لنا الحصول على مثل هذه الزنبركات متعددة الاتجاهات. فحامل من المطاط مثلا سينبعج تحت تأثير صدمة عمودية، لكنه سيميل أيضا في الاتجاه الأفقي عند

تلقي صدمات جانبية. وعلاوة على هذه القدرة على الانثناء في كل الاتجاهات، فإن المطاط قادر كذلك على امتصاص الصدمات، وهي من صميم خصائصه، مما يجعل منه خير مادة تصلح للاستعمالات المضادة للذبذبات. أضف إلى ذلك كله أن المطاط غير قابل للانضغاط أو هو يكاد يكون كذلك (فهو أقل قابلية للانضغاط من الماء)، مما يتيح للحوامل المصنوعة منه أن تتحمل أثقالا هائلة قياسا إلى حجمها (مثل الجسور ومحطات التنقيب العائمة والأنظمة المضادة للزلازل).

تطبيقات المطاط الطبيعي والاصطناعي

إذا كانت صناعة العجلات هي التطبيق الأكثر شهرة بين الناس، فإن للمطاط تطبيقات أخرى عديدة لا غنى لها عن خصائصه المتميزة. فلولا المطاط لما كان هناك وجود لعديد من الأشياء التي نراها حولنا؛ فلا سيارات ولا طائرات ولا آلات كهربائية منزلية... وعلى سبيل المثال فإن سيارة عادية تحوي في المعدل نحوا من ١ ٤٠٠ قطعة من أنواع المطاط، فالعجلات والأنابيب والمنافخ الواقية والصمامات وأحزمة الربط بين الأجزاء الدوارة وحوامل المحرك وأجزاء كثيرة من محاور الدفع ومن أجهزة الفرملة وغيرها، كلها مصنوعة من أنواع مختلفة من المادة العجيبة نفسها. ولنذكر كذلك الاستعمالات العديدة الأخرى للمطاط في صنع الأنابيب لنقل الغاز وأغلفة الأسلاك الكهربية، وفي مجالات الهندسة المدنية والأجهزة المنزلية والسكن والاستجمام واللباس والرياضة (الأحذية خصوصا) وسفن الفضاء وأنواع الغراء المختلفة والعلك الذي يمضغه الناس وغير ذلك مما يتعذر حصره. وخلاصة القول أن المطاط أصبح اليوم مادة لا غنى عنها.

مستقبل المطاط ومشتقاته

تعد صناعة المطاط صناعة مكتملة الجوانب؛ ولذلك فلا ينبغي أن ننتظر في هذا المجال ثورة تقنية، بل تطورات متتالية تأخذ في الحسبان الجوانب الاقتصادية

والإنسانية والبيئية. ولا تبدو في الأفق مادة يمكنها منافسة المطاط الطبيعي على المدى المتوسط، رغم كل التحسينات التي لا تفتأ تُدخل على المواد المكثفة الاصطناعية. غير أننا نلاحظ ظهور بعض التطبيقات التي تستعمل أنواعا من المطاط الاصطناعي القابل لتغيير الشكل مع تغير الحرارة، في مكان المطاط المفلكن (والهدف هو الحصول على مادة ذات ملمس ناعم ومنظر جميل). أما فيما تعلق بالمنتجات، فإننا سنشهد قريبا مولد إطارات "خضراء" لعجلات السيارات. ولا نقصد اللون هنا، بل الطابع البيئي الذي سيميز هذه الإطارات، وما يمكنها تحقيقه من اقتصاد في الطاقة، وذلك لأنها ستكون مصنوعة من مطاط ذي طاقة اعوجاجية ضعيفة، مما سيتيح الخفض من استهلاك المحروق. وسيتحقق ذلك باستبدال الصوان بجزء من الكربون، فينقص ذلك من القدرة على امتصاص الصدمات، مما يتيح تحقيق النتيجة المرجوة.

وتنصب الأبحاث اليوم بشكل رئيس على وسائل تحسين خصائص هذه المواد تحسينا مستمرا، من رفع للقدرة على تحمل الحرارة ومقاومة بعض الموائع ومقاومة تسرب الماء. ونشير بهذا الصدد إلى ما تحقق من تقدم هام بظهور تقنية تكثيف حديثة، تجرى في محلول، وتستعمل محفزات جديدة هي الميتالوسين métallocènes. ولا يزال الخبراء مطالبين بالتحكم تحكما أمثل في سلوك المطاط الاصطناعي أثناء الاشتغال (التنبؤ بعمره الافتراضي) وكذا في التقنيات التحويلية المتعلقة بهذا المجال. .

ونشير أخيرا إلى الأبحاث والتطورات الجارية في مجال إعادة تأهيل المواد المطاطية المستعملة (وبخاصة إطارات العجلات)، في أفق ما ينتظر من إغلاق للمزابل العمومية مستقبلا.

المواد البلاستيكية

نبذة تاريخية

قياسا إلى التاريخ الطويل لاكتشاف المواد واستعمالها من قبل الإنسان، يمكن القول إن المواد البلاستيكية مواد حديثة اكتشافا واستعمالا. وإذا شئنا أن نضع لميلادها تاريخا فسنقول إنها ولدت يوم استطاع الأخوان Hyatt الأمريكيان التوصل عام ١٨٦٥ إلى تصنيع السلولويد انطلاقا من سلولوز الخشب. ثم ظهرت بعد ذلك في بداية القرن العشرين مادة الغلاتيت galatite، وهي مادة مكثفة تصنع انطلاقا من مادة جبنين الحليب. وفي عام ١٩٠٧ اخترع Baekeland مادة الباكليت بالتكثيف المتكرر لمادتي الفينول والفرمول. لكن الثورة الحقيقية والانطلاقة الجدية لهذه المواد جاءت عام ١٩٣٠، حين أفضت أبحاث Staudinger إلى ظهور كيمياء تصنيع المواد المكثفة العليا، مما أثمر أنواعا متعددة من مواد جديدة يمكن أن نذكر منها على سبيل المثال البولياميد الذي اخترعه Carothers عام ١٩٣٥.

قطاع صناعة المواد البلاستيكية

يعد البترول المصدر الرئيس للمواد البلاستيكية التي نعرفها اليوم، حيث يعمدون إلى النفط فيعرضونه لعمليات تكسير متتالية تفضي إلى تكوين مواد أولية (كالبروبيلين والإتيلين والبوتاديان والستيران وغيرها)، يجري تكثيفها بعد ذلك لتعطي المواد البلاستيكية الرئيسة التي نعرفها اليوم.

ولو أردنا حصر جميع أنواع البلاستيك الموجودة لما كفانا لها مجلد كامل. فالصناعة الكيميائية تلقي إلى السوق في كل يوم بجديد لا يغني عن سابقه وإنما يضيف إليه خصائص جديدة. وذلك مثلا حال مادة PVC (بوليكلوريد الفينيل)، تلك المادة الرائعة المستعملة في مجالات عدة كالبناء والتغليف والتجهيزات المنزلية والمجال الطبي، والتي لم يجدوا عنها إلى اليوم بديلا، رغم الهجمات المتكررة التي

تتعرض لها من قبل اللوبيات البيئية. ولعل أقرب تفسير لذلك هو كون هذه المـــادة مشتقة من الأملاح لا من البترول.

تحويل المواد البلاستيكية

رأينا كيف أن المواد البلاستيكية تنقسم إلى فئتين، أولاهمـــا المـــواد القابلـــة لتغيير شكلها مع تغير الحرارة، وهي التي يجري تصنيعها بطريقة الصهر والصب والتبريد، مما يجعل إعادة استعمالها ممكنة، وثانيتهما المواد المتصـــلبة بـــالحرارة، وهي التي يستدعي تصنيعها عملية إنضاج خاصة (هي ما يعرف باســـم التشـــبيك) تجعل عملية الصنع غير قابلة للانعكاس.

ووسائل تحويل المواد البلاستيكية (التي تكون عادة على شـــكل صـــفائح أو حُبيبات) كثيرة متعددة، نذكر من بينها تقنيات الحقن في القالب، والقولبـــة، والـــنفخ بالنسبة إلى الأجسام المفرغة، والقولبة بـــالآلات الـــدوارة، والصـــقل، والتشـــكيل بالحرارة، والضغط في القالب تحت حـــرارة مرتفعـــة، دون أن ننســـى إمكانـــات المعالجة النهائية، من تلحيم وصباغة وصقل وتنديف وغير ذلك.

تطبيقات المواد البلاستيكية

لقد اقتحمت المواد البلاستيكية حياتنا اقتحاما، ودخلتها دخولا لا رجعة فيـــه، فحلت بذلك محل الكثير من المواد التقليدية (من خشب وزجاج ومعـــدن وخـــزف وغيرها)، كما سمحت بصنع منتجات جديدة لم ير العالم لها من ذي قبـــل مثـــيلا. ونجاحها هذا يعود إلى ما تتمتع به من خصائص يتوخاها الصانع والمستهلك معـــا، منها خفة الوزن ومقاومة التآكل والمرونةُ وتَحَمُّلُ الصدمات وقابلية الصبغ وغيرها من الخصائص التي تفتح له أبواب تطبيقات لا حصر لها.

فصناعة السيارات والأجهزة المنزلية والإليكترونيات والتليفون ولعب الأطفال والألبسة وأدوات الاستجمام والراحة والصحة، والأشغال العمومية والفلاحة والتغليف والتعليب، كلها صناعات مستهلكة للمواد البلاستيكية التي تحتل اليوم كل الميادين في ظروف اقتصادية جيدة جدا. وتبقى نقطة الضعف فيها اعتمادها التام على مادة البترول، غير أن هذا حال كثير من المواد والصناعات غيرها.

مستقبل المواد البلاستيكية

تحتل المواد البلاستيكية رويدا مواقع كانت إلى أمس قريب وقفا على المطاط المفلكن. غير أن تقدمها يبقى بطيئا بسبب احتمالها المحدود للحرارة المرتفعة. ولا شك أن كل تقدم في هذا المجال بالذات ستنجم عنه تطبيقات جديدة لهذه المواد.

كما أن هناك مواد جديدة يجري تطويرها اليوم، نذكر منها على وجه الخصوص المواد المركبة من البلاستيك والمطاط أو البلاستيك والمعدن. وسنرى كثيرا من هذه المواد في سيارات المستقبل القريب.

وسنشهد في المستقبل كذلك ميلاد منتجات جديدة أخرى تستعمل خصائص هذه المواد، منها مثلا البلاستيك ذو المسام، الذي يطورونه ليصنعوا منه أقطابا للبطاريات، وهو ما سيتيح مضاعفة قوتها نحو عشر مرات وتخفيف وزنها في الآن ذاته.

وكما هو الحال بالنسبة إلى باقي المواد، فإن مسائل إعادة التأهيل ومعالجة النفايات وغيرها من الانشغالات البيئية والاقتصادية ستكون باعثا على تطوير تقنيات تهدف إلى إعطاء المواد خصائص جديدة (مثل القابلية للتحلل العضوي مثلا)، وظهور أنشطة صناعية جديدة مرتبطة بهذا القطاع، في تطور وديناميكية لن يفترا قبل مرور عشرات من السنين.

الأنابيب متناهية الدقة nanotubes: مواد المستقبل[١٦]

بقلم أنيك لوازر
Annick LOISEAU

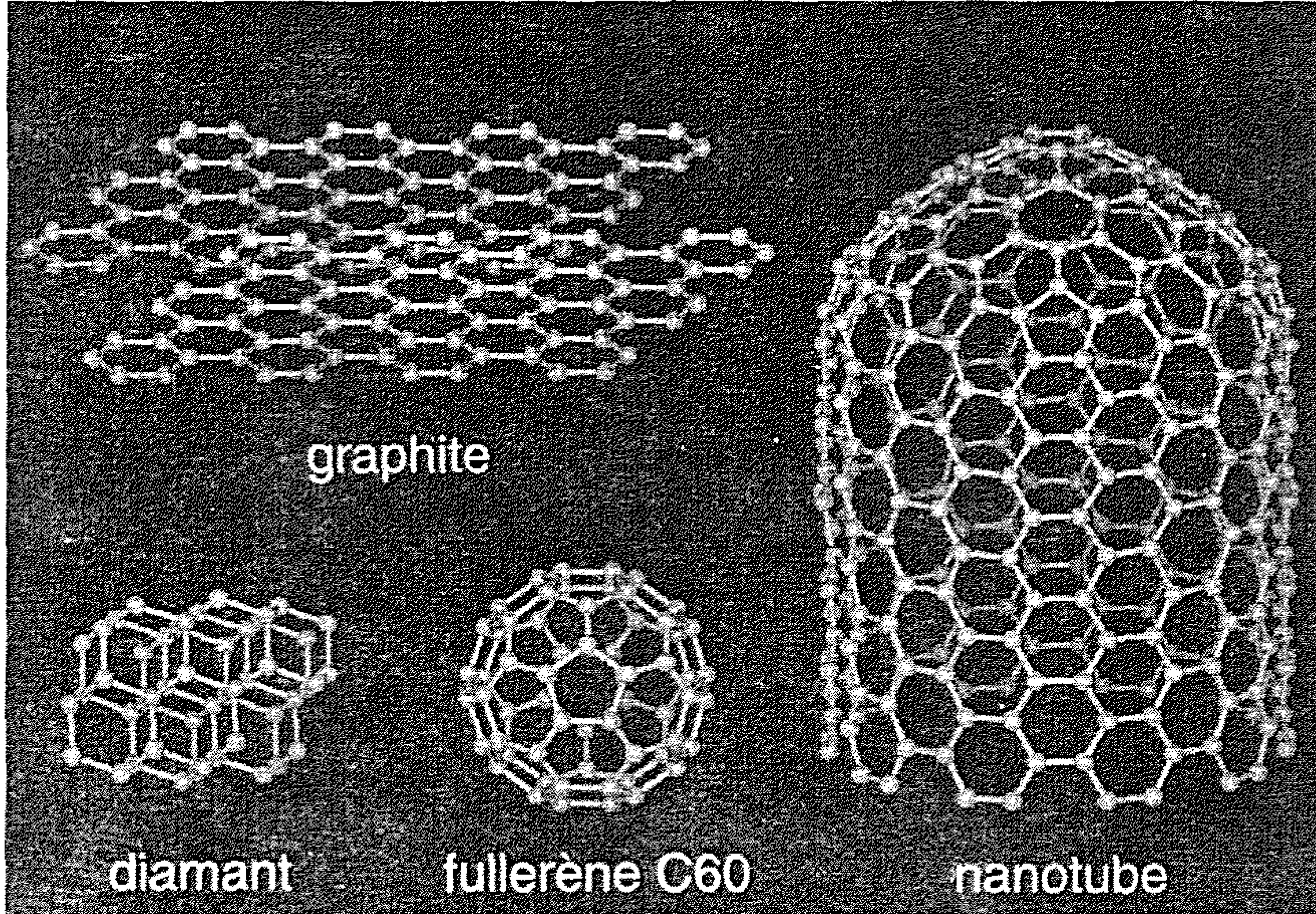
يمكن القول إن الأنابيب متناهية الدقة لا تزال في بداية عمرها، بحكم أنها لم تُعرّف إلا في عام ١٩٩١. وقد استثار اكتشافها انتباه المجتمع العلمي في العالم أجمع، فانكب عليها الباحثون من كل الميادين، من فيزيائيين وكيميائيين، دون أن ننسى تطبيقاتها الحالية والممكنة في علوم الأحياء. ويهدف هذا الفصل إلى شرح ماهية الأنابيب متناهية الدقة، وكيف تصنع وتخضع للدراسة والبحث، وما هي خصائصها، ولماذا يهتم بها هذا الكم الهائل من الباحثين، وما هي الآفاق المستقبلية والتحديات بالنسبة إلى البحث والتطبيق معا.

الأنابيب متناهية الدقة والأشكال البلورية المختلفة للكربون

يوجد الكربون في الطبيعة على شكلين رئيسين معروفين لدينا، هما الغرافيت والماس. فأما الأول فمادة معدنية سوداء اللون استعملها الإنسان منذ قرون عديدة للكتابة (من حبر الصين الشهير إلى قلم الرصاص الحديث). وأما الثاني فمعدن شفاف، وهو أصلب المعادن، ولم يجر التعرف عليه بصفته كربونا متبلرا إلا في أواخر القرن الثامن عشر، مع Lavoisier و Tennant. ثم جاءت سنة ١٩٨٥، فحدث انقلاب كبير حين اكتشف H. Kroto و B. Smalley وزملاؤهما نوعا جديدا من تنظيم جزيئات الكربون، ونعني الكربون ٦٠. ويتعلق الأمر بجزيء متكون من ٦٠ ذرة من الكربون تحتل كل منها زاوية من شكل متعدد الزوايا منتظم، قطره ٠،٧ من المليار من المتر، أوجهه سداسية الأضلاع وخماسيتها (شكل ١). وتعرف

(١٦) نص المحاضرة رقم ٢٨٦ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٢ أكتوبر ٢٠٠٠.

هذه البنية – التي تذكر بشكل كرة قدم – باسم fullerène، في إشارة إلى القبة التي شيدها المهندس المعماري B. Fuller بمناسبة معرض عالمي أقيم في كندا. وفي عام ١٩٩٠، قام W. Krätscmer و D.R. Huffman بوضع طريقة لتركيب هذا الجزيء، التي ساعدت سهولة تركيبه في المختبر على إنتاج كميات كافية لدراسة خصائصه.



بنيات الكربون المختلفة، حيث تمثل الكرات الرمادية الذرات، فيما تمثل الخطوط الروابط الكيميائية بين الذرات المتجاورة

ثم جاء عام ١٩٩١، فقدر للباحث S. Likima أن يفكر في استعمال المجهر الإليكتروني في ملاحظة مادة متخلفة عن عملية التركيب، سوداء اللون خيطية البنية، فكان في ذلك اكتشاف الأنابيب متناهية الدقة. وقد وصفها الباحث يومئذ بأنها أشياء على صفة أنابيب مغلقة من أطرافها ومركبة من كربون متبلر.

البنية البلورية للأنابيب متناهية الدقة

لعل أول ما يثير الانتباه في هذه الأشياء – وذلك بالمناسبة أصل تسميتها بالأنابيب – هو حجمها وشكلها. فالأنبوب الواحد منها قد يبلغ عدة أجزاء من مليون من المتر، في حين أن قطرها يتراوح ما بين جزء واحد وعشرة أجزاء من المليار من المتر. وبما أنها لا ترى بالعين المجردة، فإن إدراكها لا يمكن أن يكون مباشرا، بل لا بد من وسائط في ذلك، ومن الوسائط التشبيه. فحين نتحدث عن قطر مقداره جزء من المليار من المتر، فإننا نعني أنه أصغر بمائة ألف مرة من قطر الشعرة، أي أن نسبته إلى الشعرة كنسبة هذه إلى أنبوب نفط قطره عشرة أمتار... ونزيد فنقول إن شيئا قطره جزء من المليار من المتر يكاد يقارب في الصغر حلقة من حلقات سلسلة الحمض النووي، ولعل في هذا ما يكفي للتدليل على قرب هذه الأنابيب من عالم الجزيئات أكثر من قربها من عالم الأشياء المرئية.

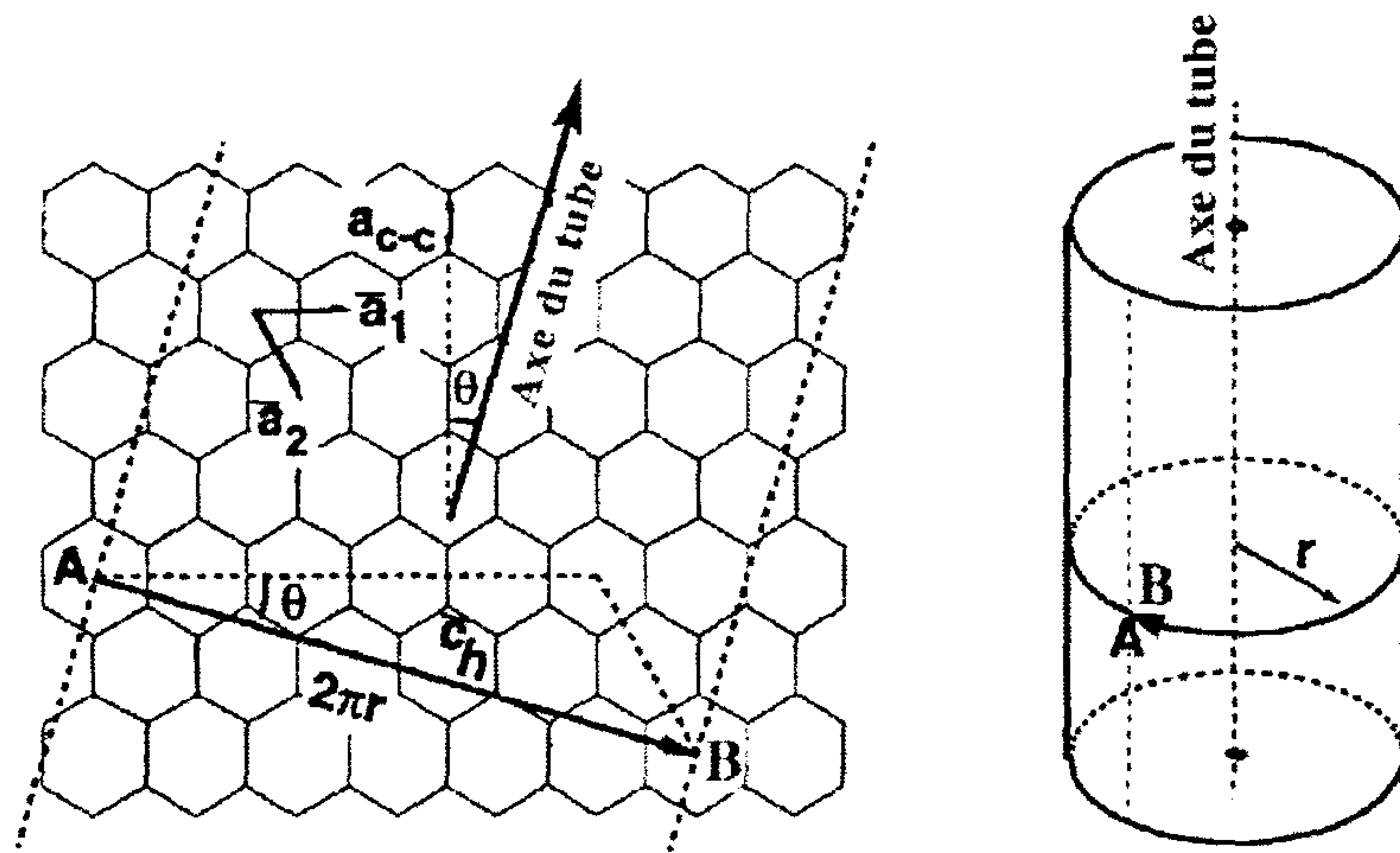
وأما الخاصية الثانية في الأنابيب متناهية الدقة، فهي بنية الكربون البلورية مقارنة ببنيته في الغرافيت وفي الماس كما نراها في الشكل ١. ففي جزيء الماس، نلاحظ أن كل ذرة تكون مرتبطة بأربع جارات لها، بحيث تقع كل واحدة من الذرات على ركن من أركان شكل هندسي هرمي متساوي الأضلاع. والروابط الكيميائية القائمة بين الذرات قوية، وتتميز بمسافة بين الذرات مقدارها ٠،١٣٦ من جزء المليار من المتر. وتركب بنية الماس من مجموعة من الأسطح متراكبة بعضها فوق بعض، يتكون كل منها من بلاطة مستوية من الأهرام المرصوصة. وترتبط كل واحدة من الذرات المكونة لهذه الأهرام بثلاث ذرات أخرى من الهرم نفسه بروابط يميل كل منها عن الآخر بمقدار ١٢٠ درجة، وهي روابط قوية تتميز بمسافة بين الذرات مقدارها ٠،١٤٢ من جزء من المليار من المتر. غير أن الروابط بين ذرات سطح معين وذرات السطح المجاور له ضعيفة، بحيث تبلغ المسافة بين ذرتين من سطحين متجاورين ٠،٣٤ من جزء من المليار من المتر. وهذه البنية هي التي تجعل من الغرافيت مادة متباينة الخواص، تكاد تكون ثنائية الأبعاد.

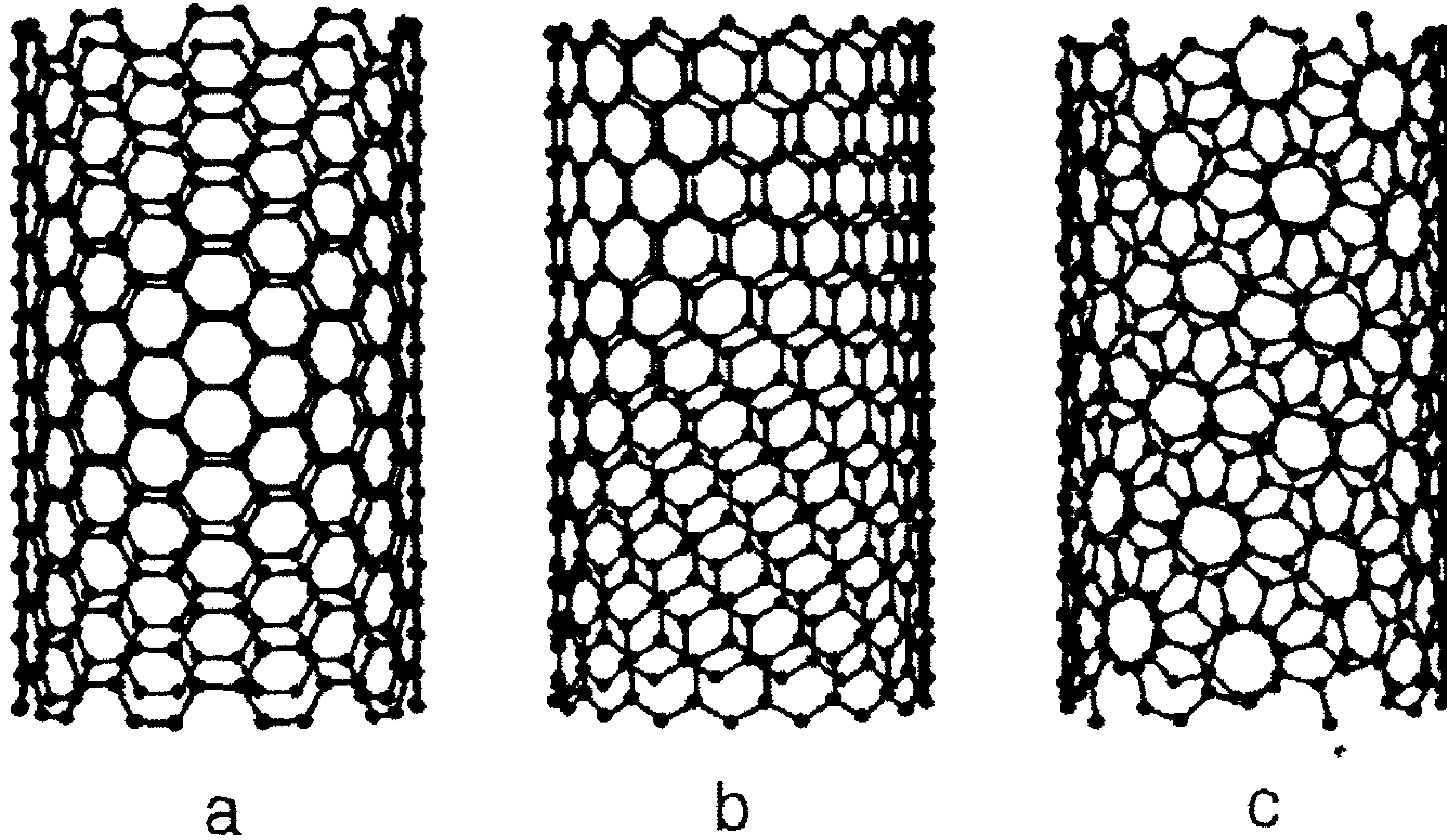
وكما يتبين من الشكل ١، فإن هناك نقاط شبه واضحة بين جزيء الكربون ٢٠ وجزيء الغرافيت، حيث إن مسدسات جزيء الكربون ٢٠ هي نفسها التي نجدها في الغرافيت. والشبه أوضح مع الأنابيب متناهية الدقة. فالبنية الذرية للأنبوب بالغ الدقة تتكون من سطح من المسدسات قد لف على شكل أسطوانة. غير أن جانبي الأسطوانة لا يمكن أن يلتقيا ليكونا أنبوبا إلا إذا طويت المسدسات طيا كبيرا. لذلك يستدعي تكوين الأنابيب أن تُدخل على شبكة المضلعات السداسية عيوب شكلية تتيح انحناء السطح. وتبدأ هذه العيوب بشكل خماسي يجعل من السطح قمعا مفتوحا بزاوية عند القمة قدرها ١١٢ درجة، تليه أشكال أخرى مثيلة له، مما يجعل المسطح يتقعر رويدا ليفضي في آخر الأمر إلى تكوين قوقعة مستديرة الشكل. ويمكن البرهنة رياضيا على أنه يكفي إدخال اثني عشر شكل خماسي من مثل الذي ذكرناه، لتمكين المسطح من تكوين صفاح (جسم صلب متعدد الجهات) مغلق. وأصغر الصفاحات التي تخضع لهذا النظام التكويني المعروف باسم نظام Euler، هي بالذات جزيء الكربون ٦٠ الذي يحتوي على عشرين مضلعا سداسيا. وتتكون سدادة فتحة الأنبوب عبر إدخال ستة مضلعات خماسية في شبكة المضلعات السداسية. وشكل طرف الأنبوب رهين بالطريقة التي تتوزع بها تلك المضلعات الخماسية، حيث إنه حين يكون التوزيع منتظما يفضي إلى تكوين طرف على شكل نصف كرة (شكل ١)، لكن الشكل الغالب هو طرف مدبب على شكل قمع.

ويبقى، من أجل وصف بنية الأنبوب بالغ الدقة وصفا وافيا، أن ننظر في الطريقة التي تلتف بها ورقة الغرافين حول نفسها لتكون أنبوبا. فكما يتبين من الشكل ٢، يتأتى ذلك عبر وضع مضلعين سداسيين A وB من الشبكة، وتكون النتيجة رهينة باختيار هذين المضلعين السداسيين. فإذا اتخذنا اتجاها يستند إلى أحد جوانب المضلع السداسي كاتجاه مرجعي، فإننا نحدد زاوية الالتفاف بالزاوية بين محور الأسطوانة وهذا الاتجاه المرجعي. وتدعى هذه الزاوية زاوية المروحية،

وهي تراوح بين ٠ و٣٠ درجة، اعتبارا لشبكة المضلعات السداسية المعنية، ممـــا يتيح تصنيفها إلى ثلاثة أنواع هي الكرسي والخط المنكسر والخط المنعكس. فأمـــا الأولان فزاوية المروحية فيهما هي تتابعا ٠ و٣٠ درجة، فيما يشير اسماهما إلـــى طريقة ترتيب ذرات الكربون على صفة أنبوب مفتوح (شكل ٢). أما الأنابيب التي لا يكون مقدار زاوية المروحية فيها ٠ ولا ٣٠ درجة، فهي التي تمثـــل الصـــنف الثالث.

وختاما يمكن أن نقول الأنابيب متناهية الدقة هي بنية مشتقة من الغرافيـــت، تُدخَل عليها انحناءة بسيطة وبضعة عيوب شكلية تجعلها تتقعر. وهي وصفة تجعل من الأنبوب بالغِ الدقة شيئا فريدا من نوعه، لأنها تفضي إلى خليط من الخصائص العجيبة كما سنرى فيما يلي.





بناء أنبوب متناهي الدقة انطلاقا من لف ورقة غرافيت حول نفسها، حيث نرى الأنواع الثلاثة التي ذكرناها، وهي بالتتابع الكرسي والخط المنكسر والخط المنعكس

تركيب وملاحظة الأنابيب متناهية الدقة

تركيب الأنابيب متناهية الدقة

قد توجد في الطبيعة أنابيب متناهية الدقة، لكن ما نعرفه منها وما استطعنا ملاحظته حتى اليوم جرى إنتاجه جميعه في المختبرات.وقد عمل الباحثون، منذ أن أعلن S. Lijima اكتشافه، على تطوير أساليب تركيب عديدة، وذلك بهدف إنتاجها، وكذا بغية التمكن من صناعة كميات كبيرة منها بطريقة متحكم فيها. ويمكن تمييز نوعين من التقنيات في هذا المجال، يختلفان عن بعضهما بدرجة الحرارة التي تجري فيها العملية.

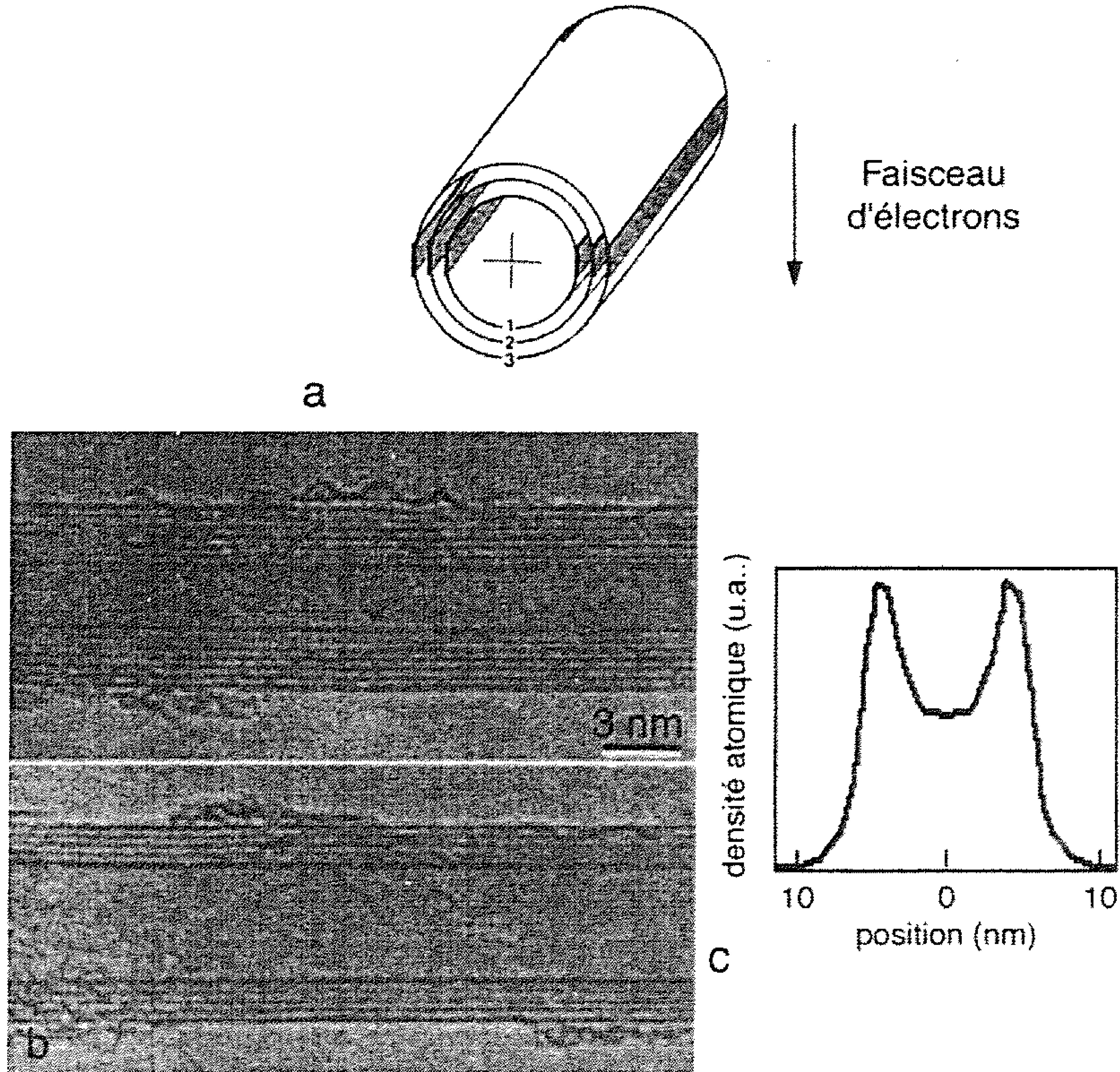
أما أولى التقنيات فتقوم على الحرارة العالية، إذ تتمثل في تبخير كربون الغرافيت (علما أنه يتصعد عند ٣٢٠٠ درجة مئوية) ثم تكثيفه في داخل حاوية تحت حرارة عالية وضغط جزئي من غاز خامد مثل الهليوم أو الأرغون. وتختلف تقنيات التبخير حسب المنهجيات المتبعة. فتقنية Krätschmer و Huffmann، وهي التقنية التي اعتمدها S. Iijima، تستعمل قوسا كهربائيا ينشأ بين قطبين من الغرافيت، يحترق السالب منهما رويدا ليكون بلازما قد تبلغ حرارتها ٦٠٠٠ درجة مئوية، تتكثف على طرف القطب الموجب مكونة نسيجا أشبه ببيت العنكبوت لكنه أكثر منه كثافة بكثير، يحتوي على أنابيب متناهية الدقة. وهذه الطريقة البسيطة وغير المكلفة سهلة التطبيق ويمكن تحويرها للحصول على أنواع مختلفة من الأنابيب متناهية الدقة. وقد جرى تطويرها سريعا في عدد كبير من المختبرات منها مختبرات فرنسية. لكن في مقابل سهولة التطبيق والتحوير، فإن لهذه الطريقة عيبا يتمثل في صعوبة وتعقيد عملية التركيب، مما يجعل التحكم فيها صعبا. وأما الطريقة الثانية المتبعة في التبخير (وهي أمريكية المنشأ)، فتتمثل في إحداث تآكل في هدف من الغرافيت، بواسطة شعاع ليزر ذي طاقة كبيرة متصل أو متقطع، مما يجعل الغرافيت يتبخر أو يتطاير وقد تفتت إلى حبيبات دقيقة جدا من بضع ذرات.

وهي طريقة مكلفة ماديا، لكنها لا تستدعي سوى عدد قليل من معايير المراقبة، مما يتيح دراسة ظروف التكوين وملاحظة مراحله المختلفة. وأما ثالثة التقنيات فتتمثل في استعمال... الطاقة الشمسية. ولا غرابة، إذ يكفي لذلك تجميعُ قدر من أشعة الشمس وتركيزها على الهدف لرفع حرارته إلى الدرجة الكافية لتبخيره. وتتيح كل واحدة من هذه التقنيات إنتاج ما يتراوح بين عُشر الغرام والغرام واحد من خام الأنابيب متناهية الدقة عن كل تجربة. ويدرس الخبراء حاليا إمكانات إقامة وحدات إنتاج كبيرة تعمل بالطاقة الشمسية، بل إن الباحثين في مونبوليي في فرنسا يحاولون إيجاد طريقة رابعة تقوم على استعمال الكهرباء.

وأما النوع الثاني من وسائل التركيب فيشتغل في درجة حرارة متوسطة نسبيا، ويتعلق الأمر بتقنية مستوحاة من طريقة التحفيز أو الحل الحراري، المستعملة عادة في تصنيع ألياف الكربون، وتقوم على تحليل غاز محتو على الكربون، وجعل ذراته تقع على سطح جسيمات دقيقة من محفز معدني، وذلك في داخل فرن رفعت درجة حرارته إلى ما بين ٥٠٠ و١١٠٠ درجة مئوية، حسب طبيعة الغاز المستعمل. فالكربون المتحرر من الغاز يترسب على صفحة جسيمات المحفز، مفضيا إلى تكون بنيات ذات طبيعة أنبوبية من الغرافيت. ويمكن أن يكون الغاز حامل الكربون هو أكسيد الكربون ذاته أو أحد مركباته الهيدروجينية، مثل الأسيتيلان والميتان وغيرهما. وأما المحفز المعدني فيكون من معدن ناقل، مثل الحديد أو النيكل أو الكوبالت. وتكمن الصعوبة التقنية هنا في ضرورة التحكم في حجم الجسيمات، إذ ينبغي أن لا تجاوز بضعة أجزاء من المليار من المتر لأجل تركيب أنابيب متناهية الدقة. ويحصلون على تلك الجسيمات عبر اختزال مركب عضوي–معدني (مثل الفيروسين مثلا)، وتكون إما موضوعة على حامل من مادة خزفية (كالصوان أو الألومين)، وإما منفوثة في الغرفة التفاعلية التي يجري فيها تفاعل الغاز حامل الكربون. والأنابيب متناهية الدقة التي تصنع بهذه الطريقة تكون من منظور التحول إلى غرافيت، أقل جودة من نظيرتها المصنوعة بتقنيات

الحرارة العالية، غير أنها تتميز بخصائص (كالطول والقطر) أكثر اتساقا بكثير، مما يعطيها ميزة لا يستهان بها. أضف إلى ذلك أنه من الممكن توجيه نمو الأنابيب عبر ترتيب الجسيمات التي يترسب عليها الكربون ترتيبا هندسيا معينا. وأخيرا فإن التقنيات التي تستعمل حرارة متوسطة تتيح توسيع رقعة العمل لإنتاج كميات كبيرة مثلما هو الشأن بالنسبة إلى ألياف الكربون، وهو ما يصعب تحقيقه مع التقنيات التي تستعمل درجات حرارة شديدة الارتفاع. وقد استطاعت جامعة هيوستن تطوير تقنية قائمة على غاز أكسيد الكربون، تنتج حوالي عشرة غرامات من الأنابيب متناهية الدقة في اليوم.

لكن مهما تكن تقنية التركيب المعتمدة، فإن الأنابيب متناهية الدقة تنظم نفسها تبعا لطريقتين ممكنتين من طرق التجميع. فتبعا للطريقة الأولى (شكل ٣ أ)، تتداخل الأنابيب في بعضها على طريقة لعبة العرائس الروسية، ويسمونها لذلك بالأنابيب متناهية الدقة ذات القشور، وهي قشور تكون بأعداد وأحجام مختلفة. أما الطريقة الثانية (شكل ٣ ب)، فتفضي إلى تكون أنابيب بقشرة واحدة وبحجم متسق، مما يتيح جمعها في حزم على شكل الحبال المفتولة، حيث تتجمع الأنابيب مع بعضها مكونة تنظيما دوريا ذا تماثل مثلث. وقد يبلغ عددها عشرات في الحزمة الواحدة، يتراوح قطرها حسب الطريقة المتبعة في الصنع بين ٠،٦ و١،٥ جزر من المليار من المتر. وفي الحالين معا فإن المسافة ما بين أنبوبين متجاورين تبقى قريبة من نظيرتها بين سطحين متجاورين في بنية الغرافيت، مما يعني تجميع الأنابيب لا يؤثر في الروابط الكيميائية، التي تبقى مماثلة لتلك التي في الغرافيت ذاته.



بنية أنبوب متناهي الدقة متعدد القشور

وطريقتا التجميع اللتان ذكرناهما تنفي إحداهما الأخرى، إذ تتأتيان في شروط تقنية مختلفة عن بعضها تمام الاختلاف. فحين تكون التقنية المستعملة قائمة على درجات الحرارة العالية، فإن تكوين حزم الأنابيب متناهية الدقة يتطلب استعمال محفز معدني يكون مخلوطا بنسبة بضع وحدات من المائة بغبار الغرافيت، ويكون معدن المحفز معدنا انتقاليا، مثل النيكل أو الكوبالت أو البالاديوم أو البلاتين، أو معدنا من المعادن النادرة، مثل اليتربيوم أو اللانتان، أو خليطا من هذه المواد. أما حين تكون التقنية المستعملة قائمة على درجات الحرارة المتوسطة، فإنه يمكن التحكم في طريقة التجميع، وذلك من خلال حجم جسيمات معدن الحفز

المستعملة. لكن إذا كانت شروط التركيب هذه معروفة اليوم، فإن الآليات التي تتحكم في تكوين الأنابيب متناهية الدقة وتركيبها، لا تزال غير معروفة جيدا، وهناك الكثير مما ينبغي فعله قبل التمكن من تركيب أنابيب بالمواصفات التي نشاء.

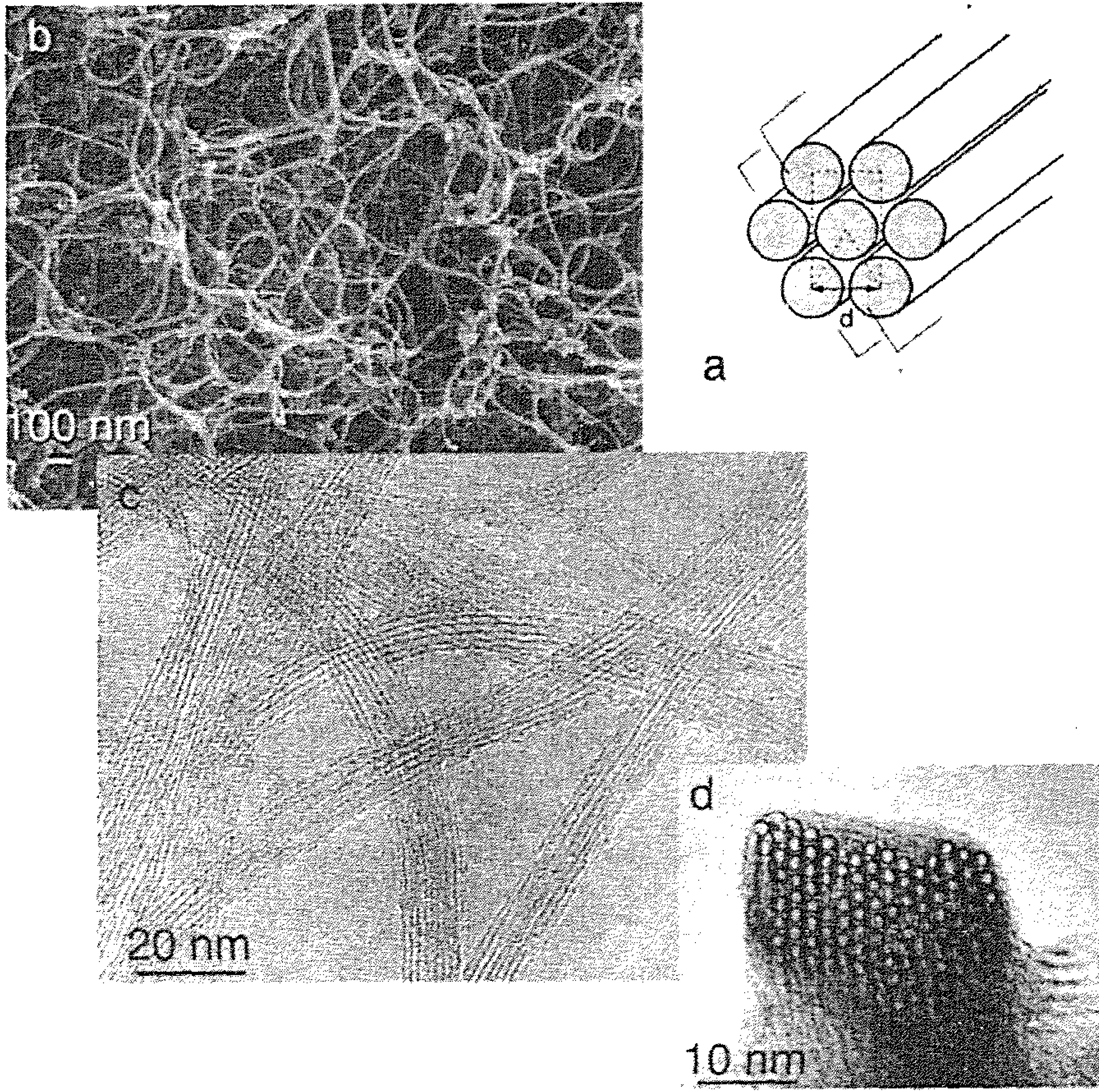
الملاحظة

خير أداة يمكن بها ملاحظة الأنابيب متناهية الدقة ووصف بنيتها هي المجهر الإليكتروني، الذي أتاح اكتشافها أول مرة كما ذكرناً ذلك في المقدمة. ويعود السبب في ذلك إلى أن المجهر الإليكتروني يتيح ملاحظة أشياء متناهية الصغر تكاد تبلغ حجم الذرة نفسها، لأنه يستعمل أشعة من إليكترونات محملة بطاقة كبيرة، تبلغ قدرتها على تمييز الأشياء حدود جزء من ألف مليار جزء من المتر... من جهة أخرى، فإن العملية تعتمد بصريا على قدرة الإليكترونات على الانعطاف في طريقها تبعا لما تتعرض له من حقول كهربية أو مغناطيسية. وأما العدسات فتكون على شكل لفافات كهرمغناطيسية مهمتها خلق أشكال من الزيغ تجعل قدرة الآلات التمييزية تنحصر عند حدود ٠،٢ إلى ٠،٣ من جزء من المليار من المتر. ويمكن الحصول على معلومات بنيوية وكيميائية في الآن ذاته، وذلك عبر استعمال طريقة التصوير أو طريقة المطياف تتابعا. لكن مهما تكن الطريقة المتبعة، فيجب ألا ننسى أن الصورة المحصل عليها في النهاية لن تكون سوى نتيجة لإسقاط على طول اتجاه سريان الشعاع الإليكتروني، وهو إكراه يزيد من صعوبة تحليل المعطيات، ويجعل عملية تأويلها عمليةً شاقة معقدة.

لننظر الآن في الطريقة التي تتيح لنا بها تقنية المجهر الإليكتروني ملاحظة بنية الأنابيب متناهية الدقة. يبين الشكل ٣ بنية الأنابيب وحيدة القشرة. والشكل ٣ب هو صورة أنبوب متناهي الدقة مُسقَطة عموديا على محوره، وبذلك فإن الأنبوب

الذي يخضع للملاحظة بهذه الطريقة يبدو لنا ممثلا بخطين متماثلين بالنسبة إلى محوره، هما إسقاطان لمقطعين من الأنبوب تماسيين مع الحزمة، وهما مظللان في الشكل ٣ أ. والصورة توضح أن الشيء الخاضع للملاحظة يتكون من أوراق ملتفة حول بعضها ومتساوية المسافة فيما بينها، وتعطينا مباشرة عددها ومكانها. وقد جرى التحقق من هندستها الأسطوانية بطرق مختلفة، وبخاصة عبر تحليلات كيميائية تجرى على مقطع من الأنبوب، تعطينا صورة كيميائية هي صورة عن الكثافة الذرية للشيء الخاضع للملاحظة، مسقطة عموديا على محوره (شكل ٣ ج). والصورة المحصل عليها ذات شكل يشبه أجنحة فراشة، علما أن الجانبين العريضين منه يقابلان جانبي الأنبوب المتماسين مع الحزمة، فيما يقابل الجانب الضيق على مستوى المحور أطراف الأنابيب المتعامدة مع الحزمة.

يحلل الشكل ٤ بنية حزم الأنابيب وحيدة القشرة. فعلى عكس نظيرتها متعددة القشور التي تبقى مستقيمة، تكون حزم هذه الأنابيب مرنة سهلة الانثناء، مما يجعلها تلتوي حول بعضها فتبدو عند التكبير المتوسط أشبه ما تكون بخيوط معكرون أو خصلة شعر متشعثة (شكل ٤ب).

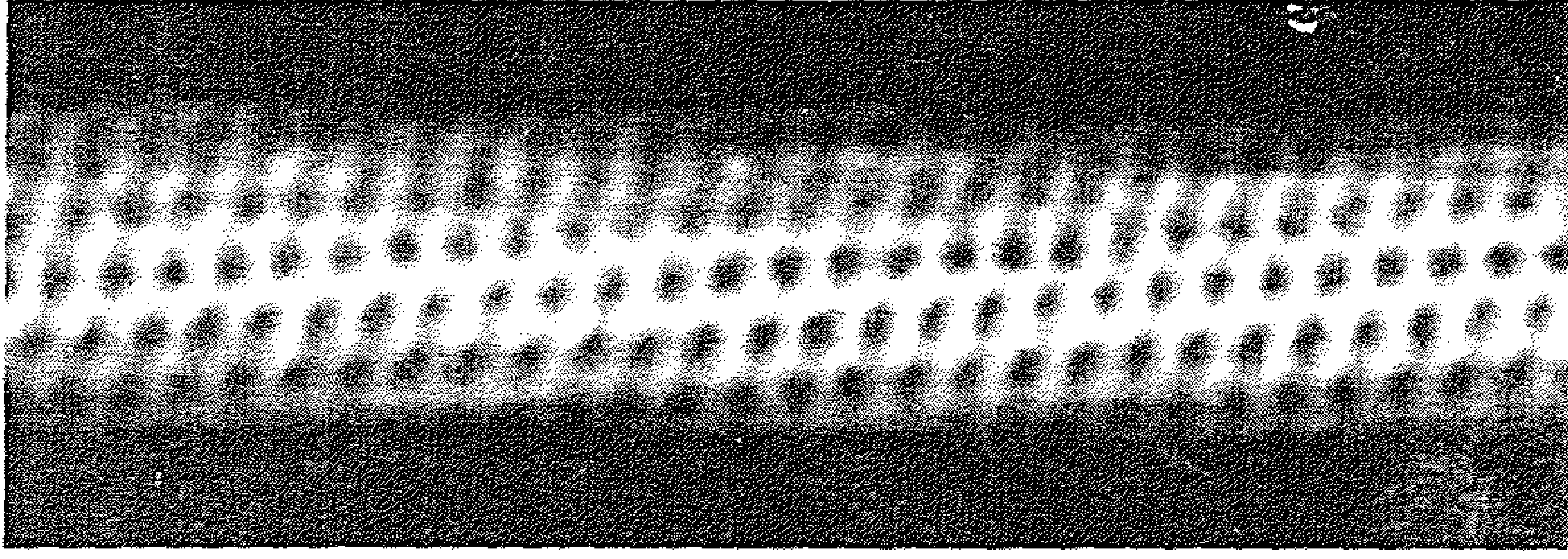


بنية حبال الأنابيب متناهية الدقة: أ- رسم بياني للبنية؛ ب- منظر عام؛ ج- صورة للحبال منظورا إليها بخط متعامد مع محورها؛ د- صورة لحبل مسقطة في توازٍ مع محوره

ونتيجة لهذه القدرة على الانثناء، فإنه من الممكن مشاهدة هذه الأنابيب إما بإسقاط عمودي على محورها (شكل ٤ج) وإما بإسقاط متوازٍ معه (شكل ٤د). وهذا الإسقاط الأخير ذو أهمية خاصة، لأنه يعطينا صورة مباشرة عن مقطع الحُزم وعن الأنابيب التي تُكون ذلك المقطع، مما يكشف عن تنظيمها الداخلي. فكل

دائرة سوداء تبدو على الشكل هي صورة لأنبوب متناهي الدقة، وذلك يعنـــي أننـــا نرى مباشرة كيف تنتظم الأنابيب حول بعضها وكيف أن لها جميعا قطرا واحـــدا، كما أننا نستطيع عدها. أما حين نحصل على الصورة عبر إسقاط متعامد مع محور الحزمة، فإننا نرى مجموعة من خطوط متساوية المسافة، تقابل إســقاط صــفوف الأنابيب.

غير أن هذه المشاهدات جميعها لا تعطينا أية معلومة عن مروحية الأنابيب. ولا بد لأجل ذلك من أن نستطيع أن نصور مباشرة وضعيات ذرات الكربون فـــي كل أنبوب، وهو ما تعترضه صعوبتان. فالمجهر ينبغي أن تكون له قدرة تمييزيـــة أبعد من ٠،٢ من جزء من المليار من المتر، والمشاهدة عبر الإسقاط تجعـــل مـــن الصعوبة بمكان تَفَحُّصَ وضعيات الذرات في كومة من الأنابيب. وهناك حل ذكـــي لهذه المسألة، يتمثل في تصوير سطح الأنابيب متناهية الدقة على المستوى الذري، باستعمال مجهر ذي اشتغال نفقي. ويقوم مبدأ هذه الآلة على استعمال رأس إبـــرة مدببة بالغة الدقة، استعمالها كمسبار، حيث يسلط تيار من بضـــعة فولتـــات بـــين السطح المراد مشاهدته وبين رأس الإبرة التي تُمرر فوقه على بعد بضعة أعشـــار من جزء واحد من المليار من المتر. فحين تمر الرأس على مقربـــة مـــن إحـــدى الذرات، فإن الإليكترونات تسري ما بين تلك الذرة وإحدى ذرات الـــرأس دون أن يكون هناك حاجز من طاقة كامنة بفعل العامل الكمي، فتخلق تيارا يعـــرف باســـم التيار النفقي. وتتيح الخريطة المحصل عليها من تتبع نبضات التيار، تكوين صورة عن ذرات السطح المذكور. ويبين لنا الشكل ٥ صورة حصلت عليها بهذه التقنيـــة مجموعة البحث التي يقودها C. dekker في جامعة Delft. ويبين توزيع الدرجات العليا من التيار الشكل السداسي للكربون، حيث إن الشبكة لا تتبع اتجاهـــا معينـــا بالنسبة إلى محور الأنبوب، مما يكشف عن طابعها المتعـــاكس chiralité. ويبـــين الفحص الدقيق لعدد كبير من الأنابيب أنه ليس لها أية مروحية معينة كيفما كانـــت طريقة تجميعها.



صورة مجهرية لمفعول النفق في أنبوب متعاكس

خصائص الأنابيب متناهيةِ الدقة

تنبع خصائص الأنابيب متناهية الدقة مباشرة من صلتها البنيوية بالغرافيت. فالطابع الموجه والمسطح الذي يطبع الغرافيت يجعل منه جسما صلبا على درجة عالية من الاستقرار الكيميائي ومن تباين الخواص، تتجمع أغلب خواصه في السطح السداسي الذي يمثل بالذات هيكل الأنابيب متناهية الدقة، التي تمتاز عن الغرافيت إلى ذلك بسهولة انثنائها وصغر أبعادها. والنتيجة أن تلك الخصائص تنبع من اجتماع خصائص الغرافيت والظروف التي يفرضها التواء الأنابيب على بعضها. وهي في مجملها خصائص كهربائية وميكانيكية وكيميائية.

فأما على مستوى الخصائص الكهربائية، فإن الغرافيت ناقل رديء للتيار. بيد أن قدراته الكهربائية شديدة الحساسية للتغيرات من قبيل الالتواءات الهندسية والتحفيز الكيميائي. وفي حالة الأنابيب، فإن التغير يأتي من الالتواء، والنتيجة أن الأنبوب الواحد قد يكون ناقلا جيدا أو رديئا حسب المروحية التي تميزه. وثلث الأنابيب، ومنها الأنابيب "الكرسي"، ذات طبيعة معدنية، وهي خاصية جرى حسابها نظريا قبل أن يبرهن عليها تجريبيا. أضف إلى ذلك ما أقيم الدليل عليه من ظواهر أخرى مرتبطة بصغر أبعاده، وهي ظواهر ذات طبيعة كمية غالبا ما يصعب

إخضاعها للدراسة دون التوفر على الأنظمة الفيزيائية المناسبة. والأنبوب متناهي الدقة ذو الخصائص المعدنية يعد، بفضل بساطة بنيته واستقراره الكيميائي، مثالا للخيط الجزيئي الكمي.

وأما فيما تعلق بالخصائص الميكانيكية، فإن تباين الخواص البنيوي يعطي للغرافيت معامل مطاطية (وهو معامل يقيس مقاومة الالتواء) كبيرا جدا في مسطح الأشكال السداسية (ألف مليار باسكال)، وأضعف منه بكثير خارج هذا المستوى (أربعة مليارات باسكال فقط). والأنابيب متناهية الدقة تتمتع بالقوام الميكانيكي الذي للغرافيت، لأن الخبراء استطاعوا قياس معاملات مقاومة لديها تفوق ألف مليار باسكال. والأنابيب تجمع إلى هذه المقاومة قدرا كبيرا من الليونة. وقد بينت تجارب عديدة أن لها قدرة عجيبة على الانثناء إلى درجات تكاد لا تصدق، وكذا على الالتواء والالتفاف حول محورها.

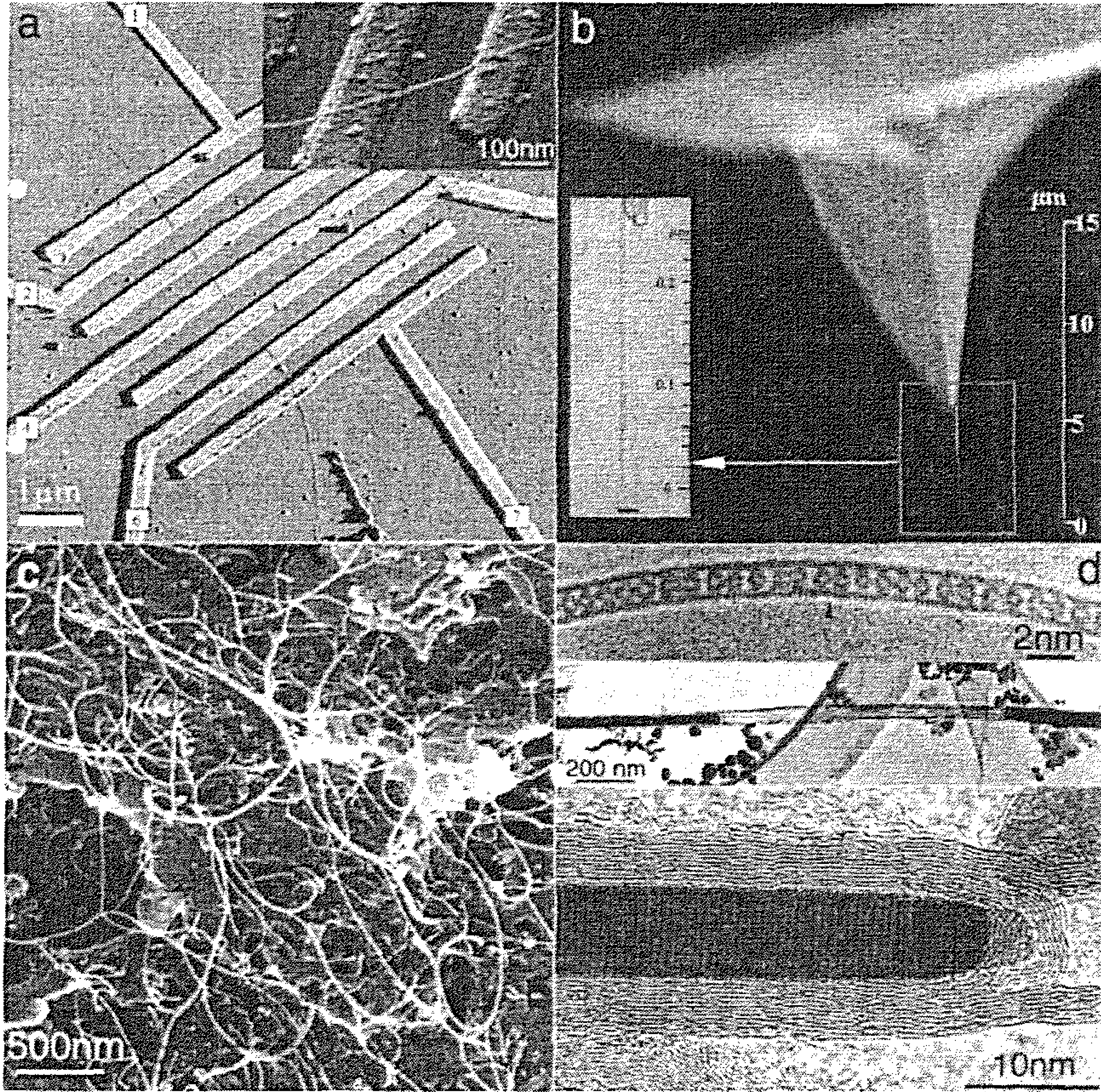
وأخيرا فإن للأنابيب متناهية الدقة خصائص كيميائية جذابة. فكما يبين ذلك الشكل ٦د، فإن من الممكن تعبئتها، عبر الامتصاص الأنبوبي، بجزيئات من الفيلورين أو الكربون المتبلر، أو بمركبات بلورية ذات قوام معدني، بما يتيح الحصول على أنابيب متناهية الدقة معبأة. كما أن من الممكن زرع جزيئات على سطح هذه الأنابيب لأجل توظيفها واستعمال الأنبوب متناهي الدقة كحامل تركيبي. وقد توصل الباحثون إلى تركيب بلورات من البروتين باستعمال هذه الخاصية. وأخيرا فإن من الممكن إدراج الأنابيب متناهية الدقة وتحفيزها مثل الغرافيت.

الأنبوب متناهي الدقة: أية مادة للمستقبل ؟

نبدأ بمجال الإليكترونيات فنقول إن الأنابيب بالغة الدقة هي نموذج ما ستكون عليه الأسلاك الموصلة في أفق ٢٠١٠-٢٠١٥. فهذا المجال يشهد تقدما حثيثا في مجال التصغير، مما لا يدع مجالا للشك في أننا سنحتاج في مدى

السنوات العشر القادمة إلى مكونات إليكترونية في حجم الجزيئات، تحل محل السيليسيوم وأنصاف النواقل التي نعرفها اليوم. ولئن كان من المبكر القول من الآن إن هذه الأنابيب هي التي ستضطلع بهذا الدور، وكان من الأصوب القول إن مواد المستقبل ما زالت لم تكتشف بعد، فإن ذلك لا ينفي أن الأنبوب متناهي الدقة يوفر لنا من اليوم فرصة للتمرن على استعمال مكونات بالغة الصغر، والتعامل معها ودراسة سلوكها الفيزيائي والكيميائي، وتصور المنظومات المختلفة التي يمكن أن تقوم عليها. فالأنبوب متناهي الدقة أداة مثلى لتعلم كهذا التعلم، بفضل استقراره وبساطته الكيميائيين، وما يتمتع به من خصائص إليكترونية عجيبة. وقد توصل الباحثون بالفعل إلى تصنيع منظومات إليكترونية مثل الترانزيستور ذي مفعول الحقلtransistor à effet de champ، وكذا أقطابا كهربائية تقوم على الأنابيب متناهية الدقة (شكل ٦ أ).

يعد الأنبوب متناهي الدقة، بفضل إنجازاته الميكانيكية، أحسن الألياف المصغرة الموجودة اليوم، بما في ذلك ألياف kelvar والصلب، ومن الممكن أن توجد له تطبيقات في التقوية الميكانيكية للمواد المركبة. ويبين الشكل ٦ ب صورة لخليط متجانس من صمغ من مادة مكثفة وحزم من الأنابيب متناهية الدقة، يتمتع بمطاطية تعادل ضعف مطاطية الصمغ وحده. ولا شك أنه من السابق لأوانه هنا كذلك الحديث عن تطبيقات محددة، لكن بعض الأبحاث في هذا المجال قد انطلقت بالفعل في ميادين الطيران والطب على وجه الخصوص. وتتطلب هذه التطبيقات التوفرَ على ما يكفي من الوسائل لإنتاج الأنابيب متناهية الدقة بكميات كبيرة. كما أن هناك بابا قد انفتحت على آفاق واعدة على المدى القصير، تتعلق باستعمال الأنابيب متناهية الدقة في تركيب عضلات اصطناعية. وتقوم الفكرة هنا على الربط بين نبضات كهربية موجهة وبين تغير شكل الشيء الذي يتلقى تلك النبضات. وليس هناك إلى حد اليوم من شيء أمثل استجابةً لهذا من الأنابيب متناهية الدقة.



صور بالمجهر ذي القوة الذرية لأنظمة إليكترونية وضع فيها أنبوب وحيد القشرة على مجموعة من الأقطاب المعدنية

الأنبوب متناهي الدقة أنبوب كمثله من الأنابيب، غير أنه يتميز عنها بكون طرفه يتكون من بضعة ذرات لا غير، مما يجعلها أشبه برؤوس إبر غاية في الدقة، لكنها إبر مجوفة وذات خصائص عجيبة. فهي تتمتع بأكبر قوة بث تحت تأثير مجال كهربائي نعرفها حتى اليوم، مما يجعلها اليوم في الطريق إلى أن تفضي إلى تطبيق مذهل في ميدان صناعة الشاشات المسطحة. وقد طورت شركة Samsung بالفعل نوعا من هذه الشاشات سنراه قريبا في السوق. من جهة أخرى

فإن صغر رؤوس الأنابيب متناهية الدقة يجعل منها أدوات مثالية في مجال المجهر الإليكتروني، لأنه يتيح الرفع من قدرته التمييزية إلى حد كبير. ويبين الشكل ٦ ب نظاما يتضمن أنبوبا متناهي الدقة متعدد القشور جرى إلصاقه على رأس إبرة مجهر إليكتروني تقليدية، ومثل هذه الرؤوس المدببة موجودة اليوم في السوق.

وأخيرا، فإن التجويف في قلب الأنبوب يمثل مكانا أمينا يمكن أن تودع فيه أشياء هشة يخشى عليها من محيط معاد. وتمثل عمليات التعبئة التي يبينها الشكل ٦ د، دليلا على إمكان القيام بمثل عمليات التخزين والحماية هذه، وخاصة في مجال كيمياء الأحياء.

ورغم كل ما ذكرناه، فإننا لم نُحصِ ما تعد به الأنابيب متناهية الدقة من تطبيقات لا تفتأ قائمتها تزداد طولا يوما عن يوم، وأهم ما يميزها أنها تقع في ملتقى فروع من العلم عديدة متنوعة. بل إن التجارب تكشف لنا في كل يوم عن جديد من خصائص هذه الأنابيب لم تكن النظريات قد تنبأت به. وهذه نقطة بالغة الأهمية، إذ المعتاد أن تُخيب التجربة ظن النظرية لا أن تتجاوز ما تنبأت هذه به. غير أن هذا التفاؤل ينبغي أن لا يجعلنا ننسى أن أغلب التطبيقات التي ذكرناها تستدعي القدرة على خلق ظروف معينة تزيد صعوبتها أو تنقص حسب الحالات. وهذه الظروف تشمل على وجه العموم التحكم في تركيب الأنابيب حسب الشكل المطلوب، والقدرةَ على تصنيع الكميات الكافية منها، والتحكم في مستوى نقاء البلورات، وفي تكييف الأنابيب مع الأنظمة التي من المنتظر أن تدخل فيها.

ونقول في الأخير إن الأنبوب متناهي الدقة هو بلورة وحيدة البعد من الكربون مشتقة من الغرافيت، تتمتع بخصائص من الممكن تحويرها واحدة واحدة أو استغلالها معا. وهو بفضل بساطته البنيوية والكيميائية أداة ليس كمثلها أداة لأجل تطوير العلوم على المستوى ما تحت المجهري في جمعٍ بين الفيزياء والكيمياء وعلوم الأحياء، ناهيك عن أن كونه متعدد الوظائف يفتح أبوابا واسعة أمام استعماله أداة متناهية الدقة في أوجه عديدة من الأبحاث التطبيقية.

الباب الثامن

أنواع التلوث وسبل معالجتها

تلوث المياه وتصفيتها[1]

بقلم لوتير زيليوكس
Lothaire ZILLIOX

نوعية الماء: رهان مستمر

لا حياة بغير ماء. هذه حقيقة بديهية عرفها الإنسان أول ما عرف، فاحتل الماء من اهتمام الحضارات جميعها محل الصدر على مر التاريخ، ولا يزال إلى اليوم يحتلها، مرآةً هشة تطالعنا منها صورة مستقبلنا. والماء إلى ذلك، بصفته عنصرا لا غنى عنه للعديد من الأنشطة البشرية (في ميادين الطاقة والمنزل والصناعة والفلاحة وغيرها)، يمثل أولوية من أولويات الصحة العمومية.

ينبغي للسياسات المتعلقة بتدبير المياه أن تضع في حسبانها من جهة تطور الطلب الاجتماعي على هذه المادة، ومن جهة أخرى تطور الكميات المتوفرة منها.

فأما من جهة الطلب، فإن الحاجة إلى المياه ترتبط بالنمو الديمغرافي، كما ترتبط بعوامل تكنولوجية واختيارات مجتمعية تتعلق بالرفاهية والصحة والتعاون بل وحتى البقاء.

وأما من جهة العرض، فإن وفرة الماء تبقى رهينة بالتغيرات المناخية وأثر الأنشطة البشرية في كمية المياه ونوعيتها، وكذا بظهور تقنيات جديدة للتصفية والتنقية والتجميع والتنظيم والحماية والاقتصاد.

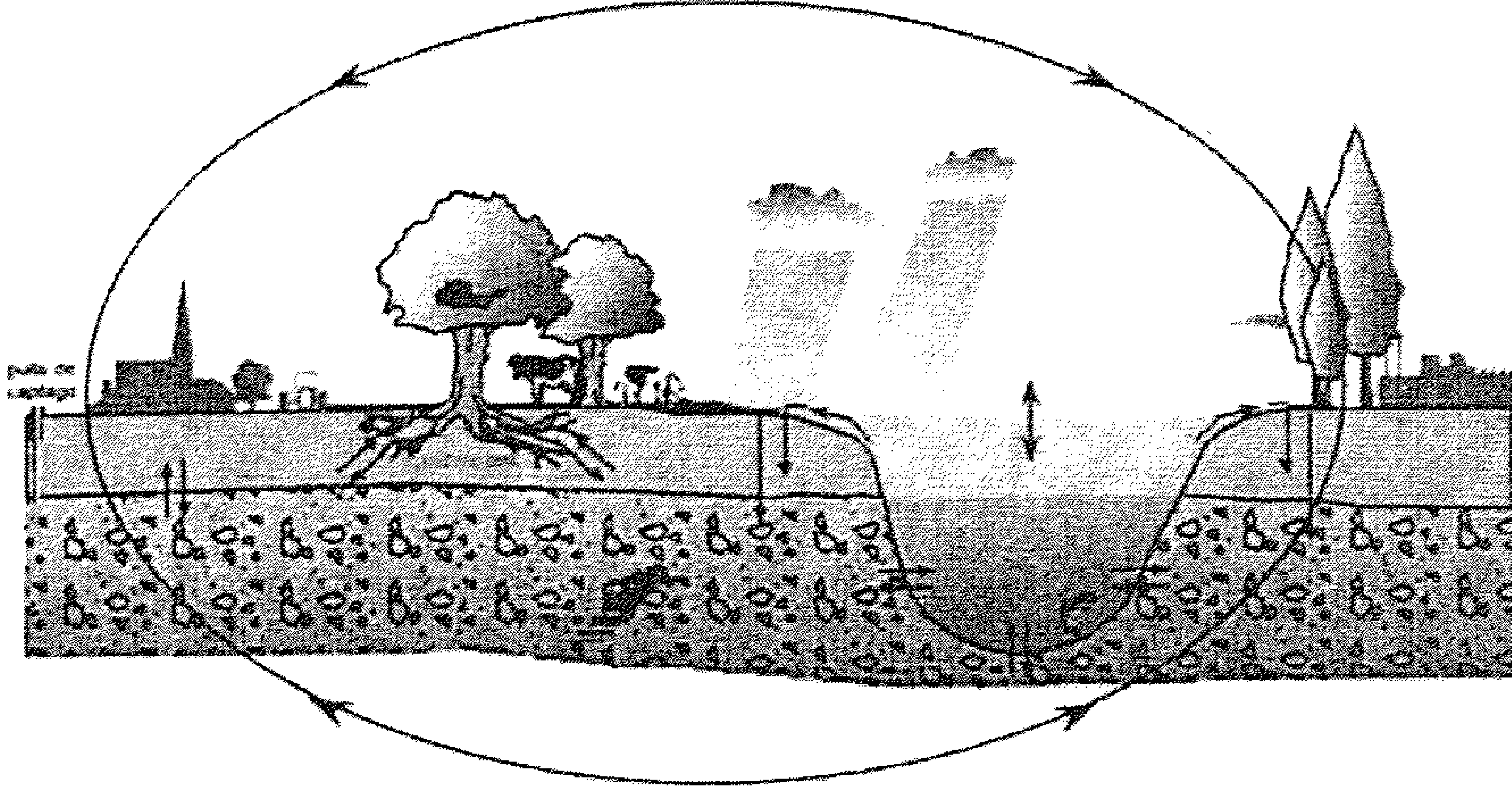
والحق أنه ليس هناك مشكل واحد في المياه يعاني منه سكان الأرض جميعا، بل هي مشاكل عديدة متنوعة يعيش كل قطر من الأقطار نوعا خاصا منها.

---

(١) نص المحاضرة رقم ٢٨٧ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٣ أكتوبر ٢٠٠٠.

النظام المائي، وحدة تدبيرية

سنعتمد لِلنظام المائي الموضح في الشكل ١ في شرحنا لما سيرد في هذا الكلام.



تمثيل لنظام مائي قاري، حيث تبين الأسهم المساحات المشتركة ذات الانخفاض القوي في تركيز المياه، والتي من شأنها أن تسرِّع أو تبطّئ انتقال الملوثات التي يحملها الماء.

تتوزع مياه النظام، التي تمثل وحدة الموارد في واد نهري واحد، على أقسام مختلفة، هي مياه الأمطار، والمياه العذبة السطحية، والماء الموجود في التربة، والمياه الجوفية. وهذه الأقسام جميعا، إذ تربط فيما بينها دورة واحدة من الماء، تمثل كلا واحدا متجانسا ومتصل الأجزاء، يُدمج العوامل الطبيعية كما يدمج العوامل الناتجة عن النشاط البشري. ويجري الماء في هذه الدورة بسرعات مختلفة حسب كون الموقع الذي يوجد فيه هوائيا أم سطحيا أم جوفيا، بحيث أن سرعة الماء في النهر الجاري تعادل مائة ألف ضعف نظيرتها في قلب بحيرة جوفية، وفي ذلك ما يكفي للتدليل على أهمية أخذ عامل الزمن بعين الاعتبار عند التعامل مع مسألة انتقال الملوثات عبر أقسام النظام المائي.

ويبقى استمرار التلوث مرتبطا بنوعية وكمية العلاقات القائمة بين أقسام النظام المائي. وما من ضرر يصيب أحد هذه الأقسام إلا وسيكون له أثر فيها جميعا.

مصادر تلوث المياه وآليات ذلك التلوث

إن في مفهوم "النظام المائي" ما يكفي للدلالة على ضرورة الكف عن الفصل بين تلوث المياه ("المحتوى") وبين تلوث الوسط ("المحتوي") الذي تسري فيه هذه المياه (من جو ومجاري مياه وتربة ومياه جوفية).

ويختلف طول بقاء عوامل التلوث في كل قسم من أقسام النظام المائي اختلافا كبيرا، من بضعة أيام في الجو، إلى بضعة أسابيع في الأنهار، إلى عقود بل وقرون حين يتعلق الأمر بالتربة والمياه الجوفية. وسرعة تجدد المياه لها أثر كبير في استمرار عوامل التلوث، بحيث إن التلف الذي يصيب المياه الجوفية قد يصبح من أثر سرعة تجدد الماء الضعيفة تلفا دائما لا رجعة له.

ولا يكفي لأجل قياس مدى تفاقم التلوث أن نهتم فحسب بعملية "النقل" التي يضطلع الماء بها، بل يجب كذلك أن نأخذ بعين الاعتبار التفاعلات المختلفة التي تحصل ما بين الملوث وبين الأوساط المختلفة التي يمر منها، وهي تفاعلات لا يظهر أثرها إلا تدريجيا مع مرور الزمن.

التلوث ومصادره

التلوث أنواع وأصناف؛ ولذلك فإننا سنتحدث هنا عن "تلوثات" المياه. وهي تتميز عن بعضها من حيث مسبباتها (من حوادث ونفايات ومبالغة في استعمال الموارد الطبيعية وغير ذلك)، ومن حيث طبيعتها (فيزيائية أم كيميائية أم بكتيرية أم إشعاعية أم غير ذلك)، ومن حيث اتساع رقعتها (محلية أم عامة، ظرفية أم فصلية،

إلى غير ذلك) في المكان كما في الزمن. فبعضها يكون "متفشيا" مثل التلوث بالنتروجينات الذي يضرب أقطارا كاملة من الأرض، كما يبين ذلك الجدول ١.

يُعرَّف التلوث بالمقارنة مع وضعية مرجعية معينة. فالتلوث عند عالم البيئة يعرف بكونه تلفا يصيب الماء بدخول عناصر غريبة عليه (بيولوجية أو كيميائية أو فيزيائية) تفضي، متى بلغت درجة معينة من التركيز، إلى تغيير مزعج (أو ضار) في طبيعة هذا الماء.

أما عند المستهلك، فإن الماء يكون ملوثا متى لم يستجب لمتطلبات معينة عند الاستعمال، وهو استعمال يتراوح كما نعلم بين الاستهلاك الغذائي المباشر وبين الاستعمالات الصحية والزراعية وصناعة المواد الغذائية والطاقة والنقل والترفيه وغير ذلك.

فأما التلوث الجوي – وأسبابه متعددة، من دخان المعامل إلى عوادم السيارات إلى مداخن التدفئة إلى غير ذلك – فله أثر كبير في نوعية المياه والتربة. وأما تلوث المياه السطحية فقد صار أصنافا وأنواعا بسبب الأنشطة البشرية، مثل انحسار الغابات (وما ينتج عنه من فيضانات وانهيارات في التربة)، والسدود، والقنوات الاصطناعية التي تغير مجاري الأنهار، وتعمير المناطق الرطبة. أما الأنشطة الزراعية التي تقوم على السقي، وما شابهها من أنشطة تستعمل كميات كبيرة من الماء، فإنها تسهم بنصيب وافر في تلويث التربة والمياه الجوفية تلويثا مباشرا. ويزيد الطين بلة ما يقع بين الفينة والفينة من حوادث عند نقل مواد سامة، سواء المنقولة منها عن طريق البر أو الطرق المائية أو المجاري المدفونة تحت الأرض، فيصيب البيئة من جراء ذلك تلوث لا يعلم أحد كم يدوم أثره، أضف إليه ما قد يحدث من تلويث للمياه الجوفية من جراء اتصالها بمياه الصرف الصحي أو متى كانت قريبة من سطح ملوث.

جدول ١ – الأسباب الرئيسة لتلوث المياه

نوع التلوث	الطبيعية الكيميائية	المصدر أو العامل الملوث
١- تلوث فيزيائي		
تلوث حراري	مياه حارة	المفاعلات النووية
تلوث إشعاعي	نظائر مشعة	المنشئات النووية
٢- تلوث كيميائي		
تلويث بمخصبات التربة	نتروجينات وفوسفات	زراعة (مواد تنظيف)
تلويث بمعادن وأشباه معادن سامة	زئبق، كادميوم، رصاص، ألمنيوم، زرنيخ، الخ.	الصناعات، الزراعة، الاحتراق (الأمطار الحمضية)
تلويث بالمبيدات	مبيدات الحشرات والأعشاب الضارة ومبيدات الفطر	الزراعة (الصناعة)
تلويث بمواد التنظيف	مواد تشد سطح السائل الذي هي ذائبة فيه	المياه المنزلية المستعملة
تلويث بمشتقات البترول	بترول خام ومشتقاته	الصناعة النفطية، النقل
تلويث بالمركبات العضوية المحتوية على الكلور	ديوكسين ومبيدات حشرات ومذيبات محتوية على الكلور	الصناعات
تلويث بباقي المكونات العضوية المركبة	جزيئات عديدة (أكثر من ٧٠٠٠ نوع !	الصناعات (تسهيل انتشار بعضها)
٣- تلوث عضوي		
تلويث بواسطة المواد القابلة للتخمر	نشويات ودهون وبروتينات	المياه المستعملة، المنزلية والزراعية والصناعية

		والناتجة عن الصناعات الزراعية وصناعات الخشب (الورق)
٤- **تلويث ميكروبيولوجي** تلويث بواسطة الأحياء الدقيقة	بكتريا، فيروسات، أحياء معوية، فطريات	المياه الحضرية المستعملة، أنشطة تربية المواشي، قطاع الصناعة الزراعية

بالنسبة إلى الجزء الظاهر من دورة الماء، فإن سيرورة التلوث تكون بادية للعيان كما تكون آثارها بادية كذلك. لكن الخطر الحقيقي يكمن في ما يصيب التربة السطحية والجوفية من تلوث لا تدركه العين، فيسري رويدا ويتمكن، ولا تظهر آثاره إلا متى استحكم فصار علاجه يتطلب عقودا من الزمن بل وأزيد بكثير.

آليات التلوث

إذا ما أخذنا حالة المنتجات النفطية، فإننا سنجد أن المحروقات وغاز التدفئة ينفردان في الغالب بحصة الأسد من المواد العضوية التي يجري استعمالها ونقلها يوميا في الدول المصنعة، مما يجعلهما مسئولين عن عدد كبير من أنواع التلوث. وهذه المواد غير القابلة للذوبان في الماء تتكون من خليط شديد التعقيد من المركبات الهيدروكربونية. أما حين يحدث حادث فتتسرب كمية منها إلى البيئة، فإننا نلاحظ وقوع ثلاث مراحل متتالية:

- في المرحلة الأولى، تتسرب المادة الملوثة إلى التربة السطحية التي تغطي البحيرة الجوفية، والتي تسمح بمرور السوائل، مما يجعل المياه الجوفية تتعرض لتلوث مباشر حين تتجاوز الكمية المتسربة من السائل الملوث ما يستطيع القسم السطحي من التربة امتصاصه.

- في المرحلة الثانية، تلتقي المادة الملوثة بالماء، فتنقل إليه قدرا من مركبات الهيدروجين والكربون القابلة للذوبان.
- في المرحلة الثالثة، تتسبب حركة المياه الدائمة في إذابة المزيد من الهيدروكربونات، مما يشكل المصدر الحقيقي للتلوث ويتسبب في استمراره.

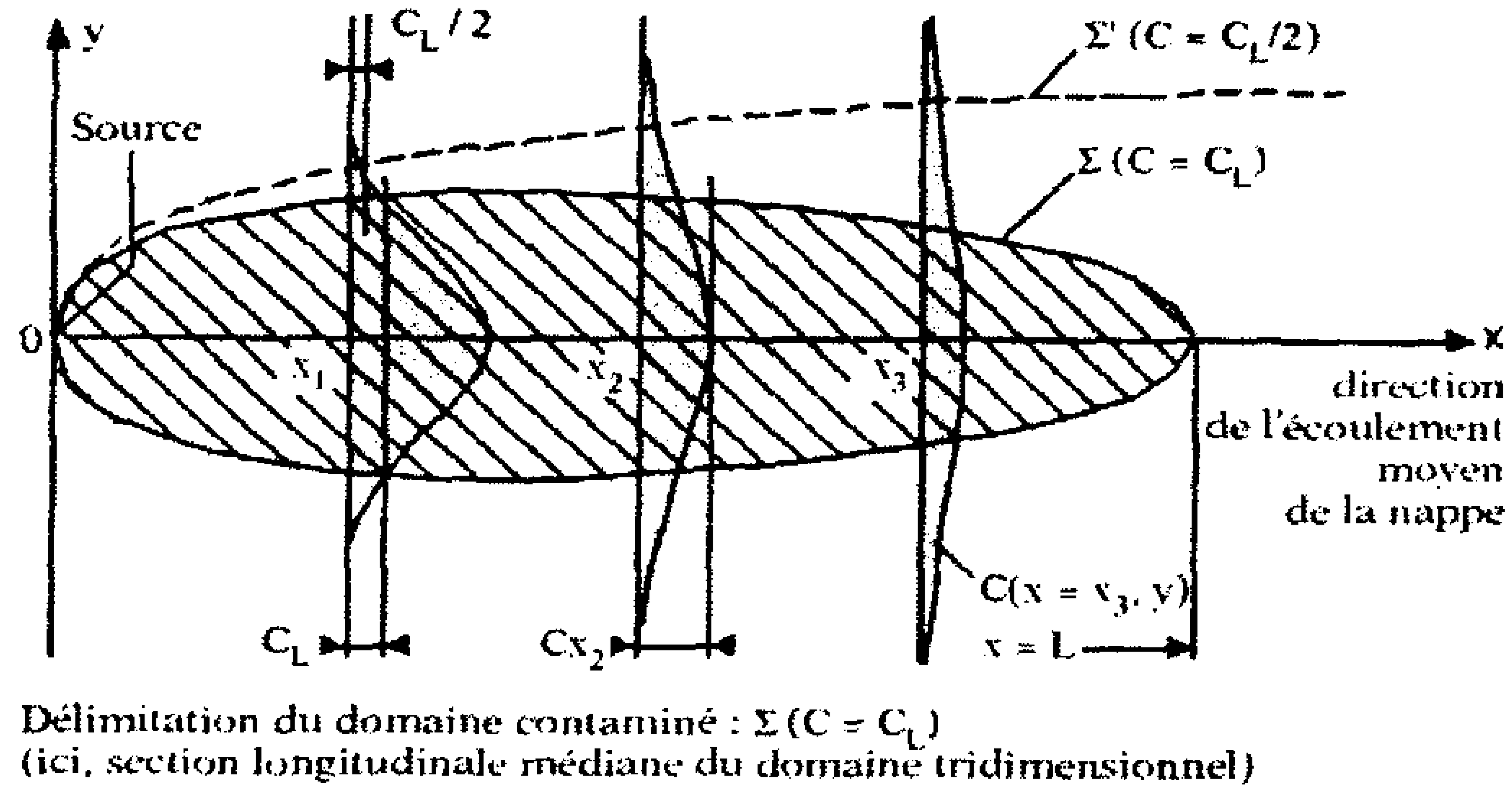
ينقل الماء تلك المواد الذائبة بعد ذلك عبر مساره الجوفي بسرعته التي تبلغ بضعة أمتار في اليوم (في الوسط الطميي المسامي). حينذاك، وعلاوة على ما ينطوي عليه ذلك من خطر تلوث المياه المستقاة، فإن هناك أيضا خطر الانفجارات.

أما إذا كان الملوث قابلا للاختلاط بالماء، فإن تسربه من حاوية مثقوبة مدفونة تحت الأرض يؤدي إلى إطلاق كميات ثابتة منه في التربة، تسحبها المياه رويدا فتشتتها في المحيط. وكلما ابتعدنا عن مصدر التلوث لاحظنا أن المادة الملوثة تزداد انتشارا وتفشيا في المحيط بفعل آليات الانتشار والخلط التي تنشط في الوسط المسامي.

ينخفض تركيز الملوثات في الماء كلما زدنا ابتعادا عن مصدر التلوث وتكبر في الآن ذاته رقعة انتشارها. ويوضح الشكل ٢ كيف يتم ذلك.

فإذا ما عرفنا سرعة جريان المياه في اتجاه مصبها، ومُعامل التشتيت على المستوى العمودي، وصبيب مصدر التلوث (كتلة الملوثات المطروحة في المحيط في فترة زمنية معينة)، فإن من الممكن قياس مدى تفشي الداء ومدى تطور تركيز الملوث في المحيط في شروط طبيعية.

وإذا ما وضعنا معيارا يحدد بالنسبة إلى الملوث المعني درجة من التركيز ينبغي عدم تجاوزها، أمكن تحديد المنطقة الملوثة ومعرفة المسافة التي ينتهي عندها مفعول التلوث.



Délimitation du domaine contaminé : $\Sigma(C = C_L)$
(ici, section longitudinale médiane du domaine tridimensionnel)

C_L : Valeur de concentration limite
Domaine contaminé : $C \geq C_L$
Profils transversaux des concentrations

تلوث محلي لمصر من مصادر المياه: تحديد المنطقة الملوثة

يتولى انعدام التجانس ما بين مكونات المجرى المائي، وكذا التحولات الكيميائية الممكنة (فالبكتريا تكون أكثر نشاطا كلما كانت سرعة جريان الماء أضعف)، تغيير معالم المحيط الملوث على أرض الواقع. والنموذج المبين في الشكل ٢، وهو مبني على المقاربة الهيدروديناميكية وحدها، يضمن قدرا من الوثوقية فيما تعلق بتقدير خطر التلوث في ماء مأخوذ بين مصدر التلوث ومصب المياه.

المياه المجلوبة والمستعملة والمصفاة والمخلصة من الملوثات

يختلف تكوين أصناف المياه المجلوبة من النظام المائي القاري (من مياه أمطار ومياه سطحية وجوفية) اختلافا كبيرا. لذلك فإن استعمال كل منها يتطلب في الغالب تكيفا مع خصائصه الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية. وما من استعمال يغير من جودة الماء إلا وينبغي أن تليه معالجة تعيد إلى الماء صفاءه.

أما تفريغ المياه المستعملة في المحيط الطبيعي، فينبغي ألا يجري إلا بعد تشخيص مدى قدرة هذا الوسط على تصفية المياه التي يلقى بها إليه. وقد أفضت

الكميات المهولة من المياه المستعملة التي أفرغت في الوسط الطبيعي على مدى العقود الأخيرة، إلى إضعاف قدرة هذا الوسط على التصفية إضعافا كبيرا.

بذلك يضاف مشكل المياه غير المصفاة في المحيط بشكل كاف، إلى مشكل الملوثات التي تجدها المياه في التربة حين يلقى إليها بها، والنتيجة أن المياه المستقاة من الطبيعة لا تفتأ مساحة صلاحيتها للاستعمال تتقلص على مر الزمن، ولا يتأتى حينذاك استعمالها دون خطر إلا بعد معالجتها، علما أن المعالجة وإن كانت مأمونة ومؤكدة الفعالية، فإن كلفتها مرتفعة.

وتعتمد تقنيات معالجة المياه وتطهيرها على تكنولوجيات لا تفتأ تتطور، تتيح إعادة تأهيل الوسط الطبيعي، وتكييف خصائص الماء مع الاستعمال المطلوب (من صناعي أو زراعي أو منزلي)، وتمكين المستهلك من الماء الطاهر الضروري لاستمرار الحياة. ويجدر التذكير بهذا الصدد بأن المياه الملوثة هي "الناقل" الرئيس للأمراض عبر العالم.

ويتطلب تطوير القدرات التقنية على معالجة المياه والحفاظ على سلامة النظام المائي، موارد مالية مهمة، ونموا اقتصاديا ملائما للنمو الديمغرافي وقادرا على استيعاب الزيادة المستمرة في الطلب. وما أكثر الدول التي تعجز عن تحقيق قدر من النمو الاقتصادي يكفيها لكي تضمن لمواطنيها ماءً صالحا للاستهلاك...

الماء: مصدره وتركيبته

مصادر المياه التي يستغلها الإنسان في النظام المائي القاري ثلاثة، هي السماء (مياه الأمطار)، وسطح الأرض (مياه الأنهار والبحيرات وما إليها من مياه بادية) وجوفها (مياه المصادر الطميية والمغارات الصخرية، وهذه المياه الجوفية تحميها القشرة الترابية السطحية من الآثار المباشرة للنشاط البشري، وتُستقى من العيون الطبيعية وعبر حفر الآبار. وهذه المياه جميعها لا تمثل سوى ٠،٥% من

مجموع المياه الموجودة على سطح كوكبنا، فيما ٩٧،٥% منها هي مياه بحر مالحة، و٢% مياه عذبة متجمدة في القطبين وعلى رؤوس الجبال العالية.

تتحدد نوعية الماء بمقدار ما يوجد فيه من الأملاح المعدنية والغازات الذائبة والأحياء الدقيقة والمواد العالقة. فأما الأملاح فمصدرها الصخور التي يمر بها الماء في طريقه؛ وأما الغازات، وهي بالأساس الأكسجين وغاز أكسيد الكربون، فمصدرها المحيط الذي يجري فيه الماء؛ وأما المواد العالقة، فهي إما ذات طبيعة معدنية (من رمل وطين وأكسيدات الحديد وغيرها) وإما ذات طبيعة عضوية (كأصناف البكتريا والمواد النباتية المتحللة وغيرها).

المياه المستقاة وتهيئتها للاستعمال

تخضع المياه "الخام" للمعالجة حسب الغاية المنشودة منها والاستعمال الموجهة إليه، من استعمال غذائي أو صناعي أو زراعي أو استشفائي أو غيره. وكما يتبين ذلك من الجدول ٢، فإن الطرق المستعملة في تلك المعالجة تعتمد على آليات تشتغل في مساحات اللقاء بين المادة السائلة والمادة الصلبة.

جدول ٢.- تقنيات تصفية المياه

الطريقة	الآليات الفيزيائية الكيميائية عند مساحات اللقاء
التنديف (أو التجليط)	زعزعة استقرار الكولويدات
التصفية أو التصفية مع التنديف	تثبيت الأجسام الدقيقة العالقة في الماء على المادة المستعملة كمصفاة
التصفية بواسطة الأغشية	إزالة الكولويدات والمواد ذات الجزيئات الكبيرة، وذلك بواسطة الأغشية (الارتشاح الغشائي المعكوس)
التعويم أو التطفية	فصل المواد العالقة بواسطة فقاعات الهواء وبالاستعانة بخاصية كراهية هذه المواد للماء
تبادل الأيونات	تبادل الأيونات فوق أصماغ اصطناعية
إزالة مركبات الفوسفات	تبادل الأيونات فوق أصماغ اصطناعية
التنديف البيولوجي والشريط البيولوجي	تنديف الأحياء الدقيقة، مثل طريقة الأوحال المنشطة، وكذا استعمال الزراعات المثبتة لأجل تحليل المواد العضوية وتغيير تركيبتها.
التصفية عبر الكربون المنشط	احتجاز المواد العضوية في الكربون المنشط

الماء الشروب

يجب حين معالجة الماء الموجه للشرب الحفاظ على ما يحتويه من أملاح معدنية. فالماء الشروب ينبغي أن يكون خاليا من المواد العضوية والجراثيم الضارة، وأن يكون محتويا على قدر من الأكسجين، صافيا رائقا، عديم الرائحة واللون زلالا (وهي أحكام تقوم على أزيد من ستين معيارا). وتهم المعالجة على وجه الخصوص المياه السطحية، أما المياه الجوفية فتحتاج إلى قدر أقل من

المعالجة، بل إنها في بعض الأحيان توزع على المستهلكين كما هي مباشـــرة دون معالجة، مثلما هو الحال في سهل الألزاس في فرنسا.

في سلسلة المعالجة التقليدية، تتوالى عمليات التصفية القبليـــة (مـــن غربلـــة وتنقية وإضافة للأوزون أو الكلور) والتوضـــيح (التنـــديف والترســـيب) والتنعـــيم (التعقيم والتصفية بالرمل أو بالكربون المنشط). وتضاف إلى الماء بعد ذلك نســـبة قليلة من الكلور مهمتها الحفاظ على جودته أثناء مروره في قنوات شبكة التوزيع.

هناك أيضا تقنية جديدة تقوم على استعمال الأغشية المصفية. وفائـــدة هـــذه الطريقة أنها تغني عن استعمال المواد الكيميائية. والأغشية المعنية تكون ذات مسام لا يجاوز قطر الواحد منها جزءا واحدا من المليون من المتر. وتتيح هذه الطريقـــة احتجاز البكتريا والطفيليات والكولويدات، كما يتيح الترشيح الدقيق الـــتخلص مـــن الفيروسات والجزيئات العضوية الكبيرة، ويتيح الترشيح ما فوق الـــدقيق احتجـــاز الأملاح الدائبة، ويذهب الترشيح المتناهي الدقة (أو الارتشاح الغشائي المعكـــوس) إلى حد احتجاز عناصر (كالأيونات) لا يتجاوز قطرها جـــزءا مـــن مليـــون مـــن المليمتر.

ويمكّن تركيب الغشاء وطريقة صنعه من تحديد قطر المسام فيـــه وتحديـــد مدى قابليته لمرور المواد وكذا الزمن الذي يستدعيه مرور الجزيئات عبر المسام. غير أن هذه التقنيات لا تزال تشكو من عيب رئيس هو استهلاكها الكبير للطاقـــة، مما يجعل كلفتها عالية جدا.

المياه الموجهة إلى الصناعة

تبقى نوعية المنتجات المصنوعة في كثير من التطبيقات رهينة بنوعية الماء المستعمل. ففي مجال صناعة الورق مثلا، يكون الورق أجود كلمـــا كـــان المـــاء المستعمل في صناعته أنقى وأصفى. أما في صناعة المكونات الإليكترونية، فـــإن

لنوعية الماء المستعمل بالغ الأثر في تحديد قدرة المكونات المصنوعة وإنجازاتها. وقل الشيء نفسه في كل الصناعات الأخرى، من صناعة الجعة إلى صناعة الأدوية التي تستهلك كميات ضخمة من المياه، إذ يلزم ما يناهز خمسة ملايين لتر من الماء عالي الجودة والصفاء، لصناعة كيلوغرام واحد من المضادات الحيوية.

المياه الموجهة إلى الزراعة

لمياه الري أثر كبير في نوعية المحاصيل والتربة. فالماء ذو الملوحة الزائدة يزعزع استقرار التربة، والماء المحمل بالجراثيم أو المواد المعدنية يضر بالنباتات. وتعتمد بعض البلدان ذات المناخ الجاف على تحلية مياه البحر لاستعمالها في الري، وهنا يمثل الارتشاح الغشائي المعكوس تقدما بالنسبة إلى الترشيح التقليدي.

المياه الموجهة إلى الاستعمالات الاستشفائية

يتيح الترشيح عبر الأغشية الحصول على ماء نقي بدرجة كافية لجعله صالحا للاستعمال للأغراض الطبية. أما الارتشاح الغشائي المعكوس، فيتيح الحصول على ماء ذي درجة عالية من الصفاء، يمكن استعماله في تنظيف الحروق البالغة. ولا يخفى ما للماء الصافي من دور في عملية غسل الكلي.

المياه المستعملة وتنقيتها

المياه المستعملة مياه متخلفة عن الاستعمالات الحضرية (من مياه صرف ومياه أمطار محملة بالملوثات الجوية)، وعن الصناعات المتنوعة والزراعة (بما في ذلك المواد المستعملة في العناية بالنباتات) ومن تربية المواشي والصناعات الغذائية (كالجبن والخمور وغيرها). ويبدو أن للتفريغ غير المباشر لهذه المياه في أقسام النظام المائي المختلفة أثرا ثلاثيا:

- فمن جهة هناك الضرر الكبير الذي يلحق بالنظام البيئي، وتدمير قدرة الوسط على التنقية الذاتية، مما يعرض "الصحة البيئية" لأعظم الضرر.

- ومن جهة أخرى، فإن في ذلك تدميرا لأثمن مادة حيوية، مما يعرض صحة البشر للخطر.

- ومن جهة ثالثة، سيفضي ذلك إلى زيادة كلفة الحصول على الماء الكافي لسير الصناعات المختلفة، مما يعرض "الصحة الاقتصادية" للخطر.

تتبع أنظمة تنقية المياه المستعملة تقنيات تُشابه، وإن على مستويات مختلفة، تلك المستعملة في معالجة المياه "الخام".

وتكمن الصعوبة الأهم في إقامة محطات التنقية وتشغيلها، فهي عملية مكلفة تحد كلفتها العالية كثيرا من قدرة الدول على اللجوء إليها لتنقية المياه المستعملة.

تستعمل سلسلة التنقية-التنديف-الترسب في تصفية المياه المطروحة في المجال الحضري، ويضاف إلى تلك السلسلة حسب محطة التصفية معالجات أخرى تتوخى القضاء على البكتريا أو إزالة النتروجين والفسفور.

ويعتمد الصناعيون أكثر فأكثر على تقنيات الفصل بالأغشية في داخل المصنع نفسه. وليست الزراعة بأقل ولا أكثر تلويثا للمحيط من غيرها من الأنشطة الإنتاجية التي تعتمد على استعمال الماء. وبالنظر إلى اتساع رقعتها بالنسبة إلى غيرها من الأنشطة، فإن لها دورا كبيرا ينبغي لها الاضطلاع به في حماية النظام المائي والحفاظ عليه، كما ينبغي لها أن تتحمل نصيبها في عملية تنقية المياه من الملوثات.

تستفيد عمليات تصفية المياه من ثمرات التجارب المحصلة من التقنيات المختلفة. فالجمع ما بين تقنية الأغشية والمعالجة البيولوجية قد أفضى إلى ميلاد "المفاعلات البيولوجية ذات الأغشية"، حيث يمرر سيل المياه الملوثة عبر مفاعل

يحتوي على بكتريا "تهضم" حمولة الماء، قبل أن يمر بأغشية انتقائية تخلصه من الميكروبات وتؤمن خلوه منها. ويسمح نظام كهذا النظام بتصفية المياه المستعملة المصروفة من عمارة كاملة.

المياه الملوثة: المعالجة في مكان وجود المياه

تعد الاستراتيجيات الهادفة إلى إعادة تأهيل التربة وحماية المياه الجوفية، شغلا شاغلا للبلدان المصنعة. والهدف المتوخى منها مزدوج، إذ يتعلق الأمر أولا بتطويع تقنيات للتصفية تلحق أقل ما يمكن من الضرر بالإنسان والبيئة، وثانيا بتأمين حماية كافية للنظام المائي، وذلك بإعداد التراب بطريقة تتيح الحفاظ على جودة المياه.

وجبهة العمل هنا واسعة عريضة، والأولوية ينبغي أن تعطى للاستراتيجيات الوقائية. ويبين الجدول ٣ المفاهيم وطرق التدخل، وبخاصة قرب أماكن استقاء المياه.

تساؤلات تجري مع الماء

إن الحدود التي يقف عندها اليوم تطوير قدرتنا على تأمين الكميات الكافية من الماء النقي، هي الحدود التي يفرضها مستوى تقدمنا التكنولوجي، وحالة تنظيمنا الاجتماعي والتربوي والثقافي، ومدى قدرة المحيط الحيوي على "هضم" أنواع التلوث الناجمة عن الأنشطة البشرية.

يوفر البحث والتطور التكنولوجي حلولا للمشاكل المرتبطة بنوعية المياه "الخام" وكيفية استقائها وإعدادها وتوزيعها واستعمالاتها المختلفة، وتوفر كذلك حلولا لتصفية المياه الملوثة، بل وحتى تصفيتها في مواقعها قبل جلبها.

يطرح تنظيم المجتمع من أجل تدبير مستدام للنظام المائي القاري مجموعة من الأسئلة حول نقاط منها على سبيل المثال:

- مسألة الزمن: كيف نفسر "الزمن المنقضي" بين بداية عملية التلوث واكتشافها واتخاذ القرار بالتدخل؟ وكيف نفسر "الزمن الفارق" بين حدوث الواقعة وبين صدور الجواب القانوني الإداري المنتظر؟
- اختيار طريقة العمل: أين سنطبق إجراءات حماية المياه؟ هل يتعلق الأمر بمعالجة الأسباب (الوقاية)، أم هل يتعلق بالتصدي للأعراض (العلاج)؟
- الحاجة إلى "مهن جديدة" تستجيب لرهانات الماء: كيف نحدد موقع الطبقة المهنية التي ستضم "مهندسي الحياة والتنمية المستدامة"، والذين ينبغي تمييزهم عن تقنيي علوم الأحياء غير المكونين تكوينا يؤهلهم لممارسة مقاربة مدمجة؟

جدول ٣.- وسائل التعامل مع المياه الملوثة ومراقبتها

الإجراءات الوقائية تفادي الإلقاء بالملوثات في التربة وعند أماكن تجمع المياه	+ تطبيق قوانين المناطق المحمية + التقليل من استعمال المواد المنطوية على خطر + تنظيم استعمال ونقل المواد الخطرة + منع تصنيع بعض المواد السامة
التدخل المباشر الحد من الكميات المتسربة في حال وقوع حادث	+ أخذ عينات من التربة الملوثة ومعالجتها
التدخل عند مصدر التلوث العمل على منع انتشار التلوث	+ إجراءات للعزل (من قبيل الحواجز المانعة للتسرب وما شابهها) + إجراءات هيدروليكية (من قبيل امتصاص الملوث بالمضخات) + إجراءات كيميائية وبيولوجية في مكان وقوع الحادث (مثل التثبيت بواسطة التفاعل الكيميائي، أو "الهضم" بواسطة البكتريا أو غير ذلك) + إجراءات تعتمد التيارات الهوائية (اقتناص

	المواد الطيارة من الهواء) + إجراءات معالجة وتصفية في محل وقوع الحادث
معالجة "سُحب" الملوثات الذائبة الحد من رقعة المجال الملوث، وذلك بنشر المادة الملوثة بين النبع والمصب	+ إجراءات هيدروليكية (خلق حواجز هيدروديناميّة وضخ المياه الملوثة)، مع معالجة بيوكيميائية لتنقية المياه التي يجري ضخها.
الحماية الهيدروليكية منشآت لجلب المياه	+ تدبير شبكة الجلب عبر الاختيار بين الحفر عن الماء والحفر عن الملوثات لإزالتها
إجراءات تقنية بهدف تأمين ماء شروب للمستهلك، وذلك بصفة دائمة	+ معالجة الماء "الخام" المجلوب + خلط الماء المجلوب بمياه من مصادر تغذية أخرى + اعتماد نظام إقليمي، لا محلي، لتزويد المجموعات البشرية بالمياه.

الأوزون ونوعية الهواء(٢)

بقلم جيرار ميجى
Gérard MÉGIE

تعد تركيبة الغلاف الجوي الأرضي نتيجةً لتبادلٍ متواصل للمواد بين هذا الغلاف وبين باقي أقسام كوكبنا الأرضي، من محيطات ومساحات قارية ومجالات حيوية. وهذه المبادلات التي تبدأ بحافز من سطح الأرض، تتضمن تفاعلات كيميائية معقدة، تقود إلى خلق مكونات تعود بعد ذلك إلى سطح الأرض بفعل التساقطات المطرية على وجه الخصوص. والنتيجة أن تلك المكونات لا تبقى طويلا في الهواء، وأن توازن المحيط الأرضي توازن دينامي وليس ثابتا. هكذا، ومنذ تكون الأرض قبل حوالي أربعة مليارات من السنين، انتقل الجو الأرضي عبر الأزمان الجيولوجية المختلفة من حال الجو المختزِل أساسا، أي الخالي تقريبا من الأكسجين، إلى التركيبة التي نعرفه عليها اليوم (خليط من ٧٨% من النتروجين الجزيئي و ٢١% من الأكسجين). ومعلوم أن ظهور الحياة على وجه الأرض إنما أصبح ممكنا حين صار جو الأرض مؤكسِدا، وهي حالة خاصة بكوكب الأرض تميزه عن باقي كواكب المجموعة الشمسية.

ومصادر المكونات الجوية فيزيائية (مثل التبخر وانبعاث الغازات من الصخور)، وبيولوجية (مثل انبعاث النتروجين من الأحياء المتعفنة، والتخمر في بيئة ليس فيها أكسجين). وهي تمد الجو ببخار الماء والهيدروجين الجزيئي والميتان ونصف أكسيد النتروجين وبعض المركبات العضوية المحملة بالأملاح. ويرتبط التركيز النسبي لبخار الماء في الطبقة الجوية السفلية بالخصائص الحرارية

---

(٢) نص المحاضرة رقم ٢٨٨ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٤ أكتوبر ٢٠٠٠.

الديناميكية للهواء، وهو يتناقص بسرعة في هذه الطبقة، منتقلا من بضعة أعشار من جزء من المائة على مستوى الأرض إلى ٤ أو ٥ أجزاء من المليون من جزء من المائة في وسطها. أما المكونات الأخرى التي يبلغ تركيزها هي أيضا بضعة أجزاء من المليون في المائة، فإنها تنتشر عموديا في الفضاء، ويكون انتشارها سريعا نسبيا ما بين مستوى الأرض وارتفاع نحو ١٢ كيلومترا في المعدل، أي في المنطقة المعروفة باسم الطبقة الجوية السفلى، التي تتميز بتأثرها بآليات ظاهرة الحمل الحراري، المرتبطة باحترار سطح الأرض من جراء التعرض لأشعة الشمس. وتقل سرعة الانتشار في الطبقة العليا المعروفة باسم السُّكاك، والتي تمتد إلى ارتفاع ٥٠ كيلومترا عن سطح الأرض. ويتراوح الزمن الذي تحتاجه تلك المكونات لبلوغ ارتفاع ٣٠ كيلومترا بين ثلاث سنوات وخمس.

تتعرض هذه المكونات للتدمير أساسا بالأشعة الشمسية، إما مباشرة عبر التفكيك الضوئي، أو مداوَرَةً عبر آليات التأكسد التي تتسبب فيها الأشعة، فتظهر إلى الوجود مكونات نشطة كيميائيا، تركيزها بضعة أجزاء من المليار بالمائة أو أقل من ذلك، تتحكم تفاعلاتها الكيميائية في التوازنات الجوية. بعد ذلك يجري تدميرها بدورها عبر آليات إعادة التركيب، التي تفضي في الغالب الأعم إلى تكوين أنواع من المواد الحمضية القابلة للذوبان في الماء.

كان تطور مكونات الجو الكيميائية حتى أوائل القرن العشرين مرتبطا بصفة مباشرة بالعوامل الطبيعية، كما تشهد بذلك الأرشيفات الجيولوجية المحفوظة في طبقات الثلوج والتربة، والتي تربط ذلك التطور أساسا بالظواهر الطبيعية. ثم جاء الانفجار السكاني والتقدم التكنولوجي الذي لمس كل أوجه الحياة، وما صاحبه من استغلال مفرط للموارد واستهلاك للمحروقات وطرح للنفايات الصناعية في الهواء، فأدى ذلك كله خلال السنوات الخمسين الأخيرة إلى إحداث تغيير كبير في محيطنا، من أهم نتائجه تغيير في التركيبة الكيميائية لجو الكوكب الذي نعيش على سطحه.

طبقة الأوزون في الغلاف الجوي الأعلى أو الستُكاك

لعل الأوزون هو أبلغ مكونات الغلاف الجوي الأرضي نطقا عن التوازنات الفيزيائية-الكيميائية التي يعرفها هذا الغلاف، وعن تطورها تبعا لتأثير الأنشطة البشرية. والأوزون جزيء يتكون من ثلاث ذرات من الأكسجين (O_3)، يضطلع بدور أساس في توازنات المحيط الجوي. وتسعون في المائة من الأوزون الجوي مختزنة في الطبقات الجوية الموجودة على ارتفاع ما بين ٢٠ و٥٠ كيلومترا عن سطح الأرض، ويبلغ تركيزه حده الأقصى (أي ما بين ٦ و٨ أجزاء من المليون في المائة) عند ارتفاع ٣٠ كيلومترا. غير أنه رغم نسبة تركيزه الضعيفة هذه يعد المكون الوحيد، ما بين سطح الأرض وارتفاع ٨٠ كيلومترا، القادر على امتصاص الأشعة الشمسية ما فوق البنفسجية التي يتراوح طول موجتها ما بين ٢٤٠ و٣٠٠ جزء من المليار من المتر. وهو بذلك يتيح الحياة للكائنات الحيوانية والنباتية على سطح الأرض، إذ يحميها من تلك الأشعة التي يمكنها لو تسربت أن تدمر خلايا المادة الحية، وتَحُول دون التركيب الضوئي الذي لا حياة بدونه.

وكما هو الشأن بالنسبة إلى باقي المكونات، فإن توازن الأوزون في الجو ينتج عن عدد كبير من التفاعلات الكيميائية، التي تتدخل فيها أشعة الشمس، لكن تتدخل فيها أيضا مكونات نادرة لا يزيد تركيز بعضها عن بضعة أجزاء من المليار في المائة. وقد أثار F.S. Rowland وM.J. Molina انتباه المجتمع العلمي منذ عام ١٩٧٤ إلى الخطر الكامن في الغازات المفروض فيها أنها خاملة، غازات الكلوروفليوروكربون (CFC) التي تنتجها الصناعات الكيماوية، والتي تستعمل أساسا في آلات التبريد والرغوة الاصطناعية والمذيبات العضوية وكغاز حامل في البخاخات. فهذه الغازات إذ تتعرض للتفكيك الضوئي تحت تأثير أشعة الشمس، تحرر عنصر الكلور الذي يدمر جزيئات الأوزون. ونحن نذكر ما حدث عام ١٩٨٥ من اكتشاف الوهن الذي أصاب طبقة الأوزون فوق القارة الجنوبية، حيث ينخفض سمك تلك الطبقة إلى نحو ٥٠ بالمائة أثناء الربيع الجنوبي، وهي الظاهرة

التي أدخلها الإعلام إلى أحاديثنا اليومية باسم "ثقب الأوزون". وكان من أثر ذلك الاكتشاف أن عاد العلماء إلى الاهتمام بالبحث في ما يمكن أن يكون للنشاط البشري من أثر في طبقة الأوزون. وقد بينت دراسات أجرتها البعثات العلمية العديدة التي توجهت إل القطب الجنوبي ثم الشمالي تدرس الظاهرة فيهما، أن أقرب تفسير لظاهرة نقص الأوزون أثناء الربيع الجنوبي هو تفسير كيميائي، وأن توازن المكونات المحتوية على الكلور في الطبقات الجوية العليا قد تغير لصالح أشكال كيميائية قادرة على تدمير الأوزون الجوي. واعتمادا على تقارير قدمها المجتمع العلمي، قادت المفاوضات الدولية إلى تحريم استعمال غازات CFC تحريما تاما انطلاقا من عام ١٩٩٥، على أن تستبدل بها مواد تبقى مُددا أقصر عالقة في الجو، هي مواد هيدروكلوروفليوروكربون (HCFC) وهيدروفليوروكربورات (HFC).

لكن هذه الإجراءات جميعها لن تمنع غازات CFC المتخلفة عن الفترة ما بين ١٩٦٠ و١٩٩٥ من البقاء مهيمنة على الأجواء العليا لزمن طويل، وذلك بفعل طول بقاء هذه المواد عالقة في الهواء، حيث إن بعضها يبقى لمدة تزيد عن قرن من الزمن. ولن تعود الحالة إلى ما كانت عليه قبل الستينات من القرن الماضي إلا حوالي ٢٠٤٠ أو ٢٠٥٠. أما مواد HCFC وHFC فإنها لن تكون ذات ضرر كبير، وذلك بفضل الإجراءات التنظيمية والقانونية المتخذة. وبعد أن كان مشكل الأوزون الجوي منذ ثلاثة عقود مجرد فرضية علمية، أصبح اليوم أمرا واقعا، إذ أثبت البحث العلمي ما كان له من عواقب وخيمة على المحيط العام. ولئن كانت عواقب ذلك على توازن الحياة على وجه الأرض ما زالت غير ملموسة، فإن نتائجه الاقتصادية بينة وهامة، بحكم أنها قادت إلى القضاء نهائيا على كل المواد التي اعتبرت مسئولة عن زعزعة التوازنات الكبرى للجو. والحق أن هذا التحول الذي وقع كان كبيرا، إذ أفضى التزايد السريع في تركيز الكلور في الأجواء إلى نشوء سيرورات كيميائية جديدة لم يكن من السهل تخيلها في الظروف "الطبيعية" التي كانت سائدة في بداية الخمسينات من القرن الماضي، قبل أن تطرح مواد CFC بكميات كبيرة في الأسواق.

وقد يتبادر إلى الذهن أن الأبحاث في مجال طبقة الأوزون قد آن لها - بعد الإجراءات التنظيمية التي أسفر عنها بروتوكول مونتريال، والهادفة إلى القضاء على الأسباب، أي منع بث المركبات العضوية المولدة للأملاح - أن تنحسر في انتظار عودة التوازن إلى الطبقات العليا من جو الأرض. ورغم قلة ما نعرفه عما يحدث اليوم في أجوائنا، وعجزنا عن التنبؤ بما سيحصل مستقبلا، إلا أن كثيرا من الوقائع العلمية تثبت خطأ الركون إلى الانتظار. وأول شيء يجب أن نعلمه بهذا الصدد هو أن تركيز المركبات المحتوية على الكلور لن يبلغ مداه في الجو إلا بعد سنة ٢٠٠٠، ومعنى ذلك أن طبقة الأوزون الجوي ستكون أضعف ما تكون خلال العقد الأول من هذا القرن، ناهيك عن أن تطور الأنظمة الجوية ليس خطيا كما قد بينا ذلك من قبل، مما يعني أن لنا أن ننتظر الكثير من المفاجآت محزنها والسعيد. من جهة أخرى، فإنه ليس من الممكن أن نؤكد بطريقة علمية أن تناقص تركيز الكلور في الجو سيعود بنا بالضرورة إلى حال التوازن السابقة التي كان عليها الجو قبل عام ١٩٧٠. فالطبقة الجوية العليا، والجو الأرضي على وجه العموم، قد تطورت كثيرا تبعا لكل الاضطرابات الناتجة عن الأنشطة البشرية، مما يجعل إكراهات المحيط العامة مختلفة كبير الاختلاف عن نظيرتها التي كانت سائدة خلال العصر "ما قبل الصناعي". ونحن نعرف على وجه الخصوص أن زيادة تركيز غاز أكسيد الكربون في الجو إذا كانت تؤدي إلى ارتفاع الحرارة على سطح الأرض، فإنها على العكس من ذلك تخفض حرارة الطبقة الجوية العليا، مما يسهل تدمير الأوزون فوق المناطق القطبية. وذلك يعني أنه سيتعين علينا انتظار نهاية العقد الأول من هذا القرن كي نعرف ما سيكون للإجراءات التنظيمية والقانونية المتخذة اليوم من أثر فعلي في تطور طبقة الأوزون في الأجواء العليا.

أوزون الطبقة الجوية السفلى

لا يتعدى محتوى الطبقة الجوية السفلى من الأوزون عشر ما هو موجود منه في الجو، ولا يتجاوز تركيزه النسبي بضعة أعشار الجزء من المليار في

المائة. ولهذا الأوزون مصدران، أولهما الطبقة الجوية العليا نفسها، وثانيهما التأكسد الضوئي لبعض المواد (مثل الهدروكربونات وأكسيدات النتروجين وأكسيد الكربون والميتان)، التي تعود في أغلبها إلى الأنشطة البشرية (من صناعة ونقل وزراعة وغيرها). وقد أثبتت الأبحاث بما لا يدع مجالا للشك وجود هذه الانبعاثات في أجواء الحواضر الكبرى المعروفة بدرجة التلوث المرتفعة فيها (مثل لوس أنجلوس وميلانو وأثينا ومكسيكو ونيويورك وغيرها). فالأوزون الناتج بهذه الطريقة يضاف إلى ما يأتي منه من الطبقات الجوية في المناطق غير الملوثة، مما يؤدي إلى رفع تركيزه في الجو على المستويين المحلي والعام. وقد أثبتت الملاحظات التي أجرتها العديد من المعاهد العلمية أن تركيز الأوزون في الأجواء "غير الملوثة" قد تضاعف أربع مرات في نصف الكرة الشمالي ومرتين في نصفها الجنوبي. كما أثبتت الأبحاث أن ذلك عائد في مجمله إلى الأنشطة البشرية، كما يدل عليه التفاوت ما بين تركيز الأوزون في نصفي الكرة الشمالي (٤٠ إلى ٦٠ جزء من المليار في المائة) والجنوبي (٢٠ إلى ٢٥ جزء)، مما يوضح التفاوت الحاصل في انبعاثه بين هاتين المنطقتين، إذ إن أكثر من ٨٠ بالمائة من مصادر التلوث موجودة في النصف الشمالي، وأغلبها ناتج عن احتراق الكتلة الأحيائية.

تُحدث زيادة تركيز الأوزون - والمركبات المتأكسدة بالضوء التي ترتبط به - في الطبقات الجوية العليا أثرا كبيرا في البيئة. فالأوزون مؤكسِد بالغ الفعالية، وهو بذلك يشكل خطرا كبيرا على صحة الناس متى تجاوز تركيزه حد مائة جزء من المليار في المائة. ولا ينحصر ضرره في ذلك بل يتعداه إلى النباتات التي يعيق نموها، مما يجعله أحد أهم أسباب انحسار الغابات وتلف المواد المختلفة. أضف إلى ذلك أن خاصية امتصاص الأشعة الشمسية فوق البنفسجية تجعله يتفكك تحت تأثير الضوء في الطبقة الجوية السفلى، مما يؤثر مباشرة، وفي زمن قصير، في خاصيات الأكسدة في هذه الطبقة. وأخيرا فإن الأوزون غاز يسبب ظاهرة الاحتباس الحراري، وهو في ذلك أقوى تأثيرا من أكسيد الكربون بألف ومائتي مرة

إذا كانا بكتلتين متساويتين، مما يعني أن كل زيادة ولو طفيفة في تركيزه في الجو تؤدي إلى زيادة كبيرة في خطورة تلك الظاهرة. بذلك يتضح أن الأوزون الجوي يمكنه أن يرتبط بمشكل في الطقس. بل إنه يمثل أهم نقط الارتباط بين الطقس وكيمياء الجو.

يرتبط تركيز الأوزون في الطبقات السفلى من الجو مباشرة بتركيز المواد التي ينتج منها، من مثل أكسيدات النتروجين والميتان وأكسيد الكربون والمحروقات البترولية). ومعنى ذلك أن هذا التركيز يبقى حساسا بشكل كبير للجزء الذي تنتجه الأنشطة البشرية من هذه المكونات، علما أن النشاط البشري ينتج نحو ٦٥% من الميتان وغاز أكسيد الكربون المنبعث في الجو، وما يقارب ٧٥% من أكسيدات النتروجين. لكن على مستوى الكوكب فإن النباتات تبعث في الجو بقدر من الهيدروكربونات غير الميتانية، حيث لا يعود نصيب النشاط البشري من مجموع الغازات المنبعثة سوى ٢٠ إلى ٢٥%.

على المستويين الإقليمي والمحلي، يتضح أن توزيع الأوزون والمواد الباعثة له ينجم عن تركيبة تجمع ما بين تفاعلات كيميائية تركيبية أو تدميرية، وبين آليات الخلط التي تفضي إل نقل المكونات الجوية ونشرها في الآفاق. فعلى المستوى المحلي، تشهد المدن الكبرى، وبخاصة أثناء الصيف، موجات من التلوث الزائد مرجعها إلى الأوزون. والأسباب في ذلك معروفة، حيث إن المكونات الكيميائية المنبعثة تلتقي بالظروف الجوية الملائمة. فالجو الهادئ المشمس يساعد على تراكم الملوثات الأولية (من أكسيد النتروجين وأكسيد الكربون وهيدروكربونات) مما يؤدي إلى تكوين كميات من الأوزون في الطبقات الجوية السفلى. ومعنى ذلك أن الأنشطة البشرية المرتبطة بالاحتراق، مضافةً إلى وسائل النقل والتدفئة، تجعل جميعها من المناطق الحضرية مناطق ذات نسبة عالية من التلوث بالأوزون. والمدن العالمية الكبرى معنية بهذا الأمر منذ سنوات عديدة، ولا تستثنى منها كبريات المدن الفرنسية. فمنطقتا باريس ومرسيليا تسجلان كل عام تقريبا مستويات

من التلوث تبلغ في بعض الأحيان حدودا تستدعي تدخل السلطات العمومية لتطبيق الإجراءات التحديدية اللازمة. وتكون آثار التلوث أثناء هذه الفترات ملموسة، وبخاصة على مستوى الإصابات الصدرية لدى الأشخاص المعرضين لمثل هذه المشاكل الصحية.

خاتمة

يتضح لنا من القليل مما نعرفه عن الآليات التي تتحكم في سلوك الأوزون الجوي، أن هذه المسألة تتعدى المشاكل الخاصة التي يطرحها تدمير طبقة الأوزون في الأجواء العليا وتزايد القدرة المؤكسدة للجو، لتلتقي بظاهرة التغير المناخي المرتبط بظاهرة البيت الزجاجي. وقُل الشيء نفسه في غازات CFC المدمرة للأوزون الجوي والغازات البديلة عنها – إذ إنها جميعا من أقوى مسببات تلك الظاهرة – وقُل مثله في المواد التي ينبعث منها الأوزون، وبخاصة الميثان، وكذا أكسيدات النتروجين التي تزيد تركيز الأوزون والمؤكسدات في الجو، مما يسهم بشكل غير مباشر في الزيادة من ظاهرة الاحتباس الحراري. وهذه كلها وقائع أثبتها العلم، تدعو إلى البحث الجاد والمعمق في أثر الأوزون الجوي في التغيرات المناخية التي يشهدها كوكبنا. وهذا التعقيد الذي يطبع مسائل البيئة يتطلب أن تأخذ القرارات السياسية والاقتصادية في حسبانها التقدم العلمي الحاصل في فهم هذه الظواهر، وذلك في مجال لا يزال التشكك يطبع فيه العلاقة ما بين العلم والقرار السياسي، ولن يزال يطبعها لعقود طويلة قادمة. ولذلك فإن خلق أماكن وفضاءات للتبادل والتشاور بين مختلف الفاعلين ذوي الصلة بهذا الموضوع (من علماء وخبراء وسياسيين، بل وحتى المستهلكين)، يبقى أمرا ضروريا لإبراز المسائل الإستراتيجية الحقيقية، ومن ثمة العمل على معالجتها.

مراجع

- Académie des sciences, « Ozone et propriétés oxydantes de la troposphère », Technique et Documentation, Rapport n° 30, Éditions Lavoisier, octobre 1993.
- Académie des sciences, « Ozone stratosphérique », Technique et Documentation, Rapport n° 41, Éditions Lavoisier, juin 1998.
- Mégie (G.), *Ozone, l'équilibre rompu*, Paris, Presses du CNRS, 1988.

ما العمل مع النفايات؟ أخَير لنا أن نتخلص منها أم أن نعيد تأهيلها أم أن نتفاداها ؟[٣]

بقلم وولتر ر.ستاأل

Walter R. STAHEL

نفايات الطبيعة ونفايات الإنسان: نظرة تماثلية

لا تبقى النفايات التي "تنتجها الطبيعة" على حالها، بل سرعان ما تعود لتندمج في البيئة. فأوراق الشجر الميتة المتساقطة في الغابة مثلا تصير دبالا (أو تربة عضوية) بفعل الأحياء الدقيقة التي تحللها. لكن متى طرحت تلك النفايات خارج بيئتها الطبيعية، فإنها تضحي نفايات حقيقية يجب التعامل معها (مثل أوراق الشجر التي تسقط فوق أرضية طريق معبدة مثلا فتختلط بتراب الطريق وغبارها). غير أن الجانب الأعظم من النفايات بالمعنى الصحيح المستفاد من الكلمة، ينتج اليوم عن الأنشطة البشرية، على شكل نفايات منجمية وتصنيعية ومنتجات مطروحة ووسائل تعليب وتغليف. فما من مورد طبيعي يجري تحويله أو تصنيعه، إلا وهو صائرٌ، بعض زمن يقصر أو يطول، إلى أن يصبح نفاية من النفايات. ومعنى ذلك أن كتلة النفايات مقاربة لكتلة جميع الموارد التي يستغلها الإنسان.

إن التنمية المستديمة تستدعي نظرة شاملة لمختلف قضايا البيئة. ويمكن أن نضرب لذلك مثلا بالطاقة اللازمة ل"صنع" تفاحة واحدة. فلنفترض مثلا أنك تريد شراء بعض التفاح، وأن لك الخيار بين تفاح فرنسي وتفاح مستقدم من نيوزيلندا عبر البحر محمولا على السفن. فأيتهما احتاجت إلى قدر من الطاقة أكبر مما احتاجته صاحبتها؟ الجواب رهين بك أنت. فإذا كنت قد قدمت إل السوق ماشيا أو

(٣) نص المحاضرة رقم ٢٨٩ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٥ أكتوبر ٢٠٠٠.

ممتطيا متن دراجة هوائية، فلا شك أن الحصول على التفاحة الفرنسية يكون عندها قد استدعى قدرا من الطاقة أقل مما استدعته التفاحة النيوزيلندية القادمة من الجانب الآخر من العالم. لكن إذا أنت استعملت في تنقلك سيارة، فإن ما ستستهلكه من الطاقة في جلب التفاحة الفرنسية (وكذا ما ستبثه سيارتك في الهواء من غاز ثاني أكسيد الكربون)، سيفوق نظيره مما استدعاه وولّده استقدام التفاحة النيوزيلندية من حقلها البعيد حتى السوق الفرنسية التي تباع فيها...

أركان التنمية المستدامة خمسة وهي:

- أولا، حماية الطبيعة وحماية قدرتها على الحفاظ على حياة الإنسان (من تنوع حيوي وماء شروب وأراض صالحة للزراعة).
- ثانيا، حماية صحة الإنسان وتأمينه ضد الأخطار المترتبة على أنشطته الصناعية (محاربة المواد السامة والحيلولة دون تراكم المعادن الثقيلة ودون تدمير طبقة الأوزون وغير ذلك)، وهي مشاكل نوعية أكثر مما هي كمية...

هنا تقع أول قطيعة، وهي تتمثل في الانتقال من حماية البيئة إلى مستوى تنافسي أعلى.

- ثالثا، العمل على الحد من تنقل الطاقة والمواد عبر الآلة الاقتصادية، وذلك لتفادي هيمنة الطابع الحمضي على الأرض، ولكن كذلك لتفادي الحروب التي تنشأ حول مصادر الطاقة، وتسهيل عملية تنمية الدول الأقل تطورا وتقدما، والحد من انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون. وهي مشكلة ذات طابع كمي...

هنا القطيعة الثانية، المتمثلة في الانتقال من اقتصاد مستديم إلى مجتمع مستديم.

- رابعا، الحفاظ على البيئة الاجتماعية، وذلك من خلال تدعيم البنيات الاجتماعية وبنيات التدبير الذاتي (التجمع البشري عوض الوحدة والانعزال،

والشغل عوض البطالة، والتشارك والقرض الحسن وتبادل الخيرات عوض الاستهلاك الأهوج).

- خامسا، الحفاظ على البيئة الثقافية، بمراعاة ما جاء في تقرير MITI عام ١٩٩٥ حول النفايات، وتصور المعامل من نوع RAV4، ومأساة المراعي الجماعية، والاقتصاد الجهوي.

والفاعلون بين هذا وذاك يتغيرون. فالركنان الأول والثاني هما بالأساس مسألتان قانونيتان، فيما يتعلق الركن الثالث أساسا بالفاعلين الاقتصاديين، وخصوصا بقدرتهم على التجديد؛ وأما الركن الرابع فرهين بنتيجة ما تقرره السياسة وتمليه البنية الاقتصادية؛ وأما الخامس فهو بطبيعته ذو طابع جهوي.

وقد حققت الدول المصنعة منذ بضع سنوات تقدما كبيرا في المجالين معا، مجال الحد من أثر النفايات السامة في الإنسان وفي محيطه، ومجال الزيادة من فعالية وسائل الإنتاج، والقياس المعتمد في ذلك هو عدد كيلوغرامات الموارد اللازمة لصنع كيلوغرام واحد من الشيء المنتج. غير أن التقدم المحقق في هذه المجالات لا يمثل سببا كافيا للاستهانة بهما.

فكيف ذلك؟

النفايات الصلبة والمبثوثة في الطبيعة (التلوث)، والنفايات الخطيرة وغيرها

ظاهرة التركيز ظاهرة معروفة لدى الناس منذ زمن بيركليس. فكثيرة هي المواد التي متى استعملت بكميات ضئيلة تكون دواء ناجعا، لكنها متى كانت الكمية أكبر تضحي سما ناقعا... ومعنى ذلك أن تراكم المواد السامة غير القابلة للتحلل في الطبيعة يمكنه أن يتسبب في أزمات تسمم، حتى وإن كانت كميات ما يطرح منها اليوم سائرة في تناقص. ولذلك فإن الحكمة تقتضي العمل على تفادي مثل هذه المواد منذ بداية العملية الإنتاجية.

والنفايات تكون على شكل غازات أو سوائل أو مواد صلبة. ونتحدث في الحالة الأولى عن انبعاث ملوثات لا عن نفايات. ولما كان كل منتج سيتحول في آخر المطاف إلى نفاية، فإن الحري بنا أن نتساءل عن المواد التي تدخل في صنعه عوض أن نكتفي بتحليل نفاياته التي غالبا ما تكون مشتتة يصعب تجميعها فضلا عن دراستها. هذه هي المنهجية التي تتبناها مقاربة سويدية معروفة باسم The Natural Step. فحين تقتني بلدية ما مثلا منتجات تحتوي على مواد سامة (كالمعادن الثقيلة مثلا) بكميات ضئيلة، فإنه يكون من الصعب العثور على تلك المواد في النفايات المطروحة من قبل تلك البلدية. لكن إذا ما قامت البلدية بتحليل ما تشتريه من منتجات، وطالبت البائعين بتقديم ضمانات بأن منتجاتهم لا تحتوي على مثل تلك المواد،، فإن ذلك سيتيح لها بالفعل أن تكون على يقين من أن نفاياتها غير ملوّثة.

هذه المقاربة قريبة من مبدأ الوقاية ومن فكرة زيادة إنتاجية الموارد، كما حددتها عام ١٩٩٢ أجندة الأمم المتحدة رقم ٢١، خلال مؤتمر التنمية المستدامة في ريو دي جانيرو. أما الخطاب حول النفايات، فإنه يستدعي تغييرات نوعية جذرية، لأنك تجد أن من بين أكثر ما يستعمله الإنسان من موارد الطبيعة، هناك الماء والفحم والبترول وكذا حجارة ورمال المقالع وغير ذلك من مواد البناء.

ما العمل مع النفايات الصلبة؟ أخَير لنا أن نتخلص منها أم أن نعيد تأهيلها أم أن نتفاداها ؟

لننظر حال النفايات "غير السامة". إن كمية النفايات غير السامة (مثل غاز ثاني أكسيد الكربون) لا تفتأ في تزايد عاما عن عام بالطن عن الفرد الواحد عن البلد الواحد، على عكس كميات النفايات السامة التي تتضاءل بمرور الزمن. لذلك سأبدأ بمعالجة مشكل استهلاك الموارد الذي لا يكف عن التزايد.

تكون النفايات الصلبة في الغالب على شكل مسحوق، مثل ما هو عليه حال النفايات المنجمية مثلا. والنتيجة أنه لا يؤبه لها عادة إلا عند حدوث كارثة بيئية، من نحو انهيار سد يغلق بحيرة مسمومة واندفاع مياه تلك البحيرة لتختلط بمياه الأنهار (وقد حدث ذلك مؤخرا في إسبانيا وهنغاريا والولايات المتحدة الأمريكية). وتعرف هذه النفايات باسم rucksack أي "حقيبة ظهر" الإنتاج الصناعي. وهي حقيبة قد يبلغ حجمها بالنسبة إلى إنتاج بعض المعادن كالذهب مثلا نسبة ٥٠٠٠٠٠ إلى واحد من حجم المعدِن المنتج. ومعنى ذلك أن الإنسان ينتج، مقابل كل غرام واحد من الذهب، نحو ٥٠٠ كيلوغرام من النفايات المنجمية التي تحتوي على معادن ثقيلة يمكنها أن تلوث المحيط على شكل غبار.

فما هو يا ترى مقدار التطور الكمي موارد-منتجات-نفايات؟

في الولايات المتحدة مثلا، فإن نسبة ٩٣% من الموارد المستغلة لا تتحول أبدا إلى منتجات ينتفع بها تباع في الأسواق، و٨٠% من المنتجات المباعة يجري التخلص منها كفضلات بعد استعمال واحد فقط، و٩٩% من الموارد المتضمنة في المنتجات تصبح نفايات بعد مرور ستة أسابيع فقط على بيع المنتج.

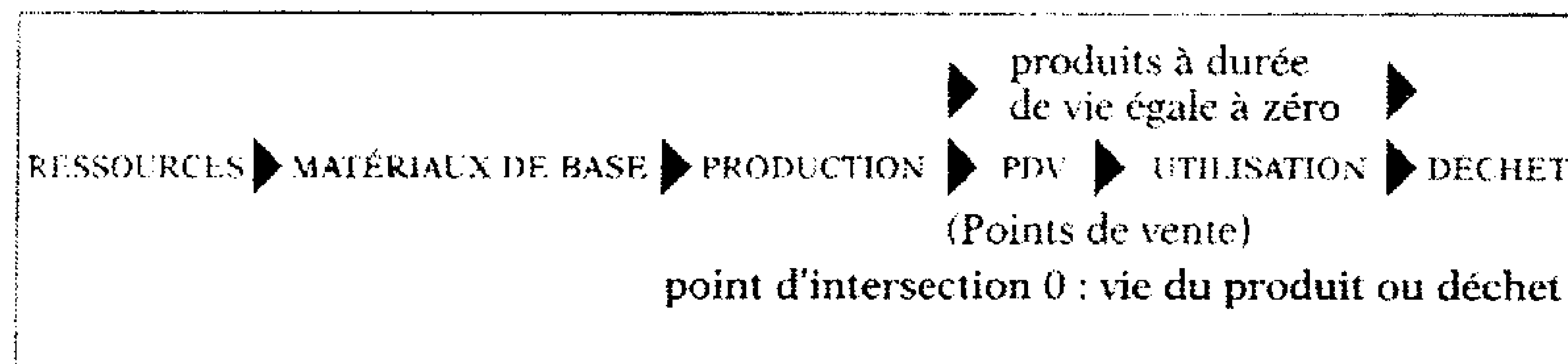
لا يرى الرائي اليوم أثرا لنفايات الإنتاج في الدول المصنعة، اللهم إلا ما كان من نفايات تنبعث منها روائح مزعجة، مثلما هو حال المذابح التي تجأر الصحافة المحلية بالشكوى منها بين الفينة والفينة. وهذا يبين أن الصناعة الإنتاجية تتحمل مسؤولياتها في ما تعلق بنفايات الإنتاج، التي تعرف أيضا باسم "نفايات المعمل الداخلية". فقد فهم الصناعيون سريعا أن الوقاية من تكاثر النفايات - وذلك مثلا عبر استعمال حاويات تعليب قابلة لإعادة الاستعمال عوض الحاويات المطروحة، وإصلاح الآلات المعطوبة عوض الاستعاضة عنها بأخرى جديدة - كثيرا ما تكون أقل كلفة من مجرد الاكتفاء بالتخلص من النفايات.

هناك طريقة تعرف باسم "البيئية الصناعية"، وتهدف إلى استعمال نفايات معمل معين (ولتكن على شكل مواد أو حرارة أو غيرها) كموارد لمعمل آخر. وقد أدى ذلك إلى قيام مساحات صناعية على شكل تعاونيات مناهضة للنفايات. ولنا في مدينة كالنبورغ السويدية مثال شهير في ذلك.

يعود أصل مشكل المواد المطروحة إذن إلى استعمال المواد خارج المصانع، وإلى المواد التي لا يعتبر الصناعيون أنفسهم مسئولين عنها بعد بيع منتجاتهم، ومنها حاويات التعليب المطروحة والمواد المستهلكة على نطاق واسع أو الموزعة مجانا في الدعاية التجارية على سبيل المثال.

التخلص من النفايات: النفايات محركا

يعد مفهوم النفاية ثمرة من ثمرات الاقتصاد الصناعي أو التصنيعي. وهذا الأخير خطي المسار، بمعنى أنه يستفيد أقصى استفادة من النشاط الاقتصادي منذ بداية عملية التصنيع حتى نقطة البيع، حيث تنتقل ملكية المنتج المباع - ومعها المسؤولية عن الصيانة وعن النفايات - من الصانع (وهو الخبير) إلى المستهلك (وهو الهاوي الذي لا دراية له بخفايا الأمور)



يتبين من تحليل التوزيع الذي تتبعه عوامل الاقتصاد الخطي، أن ثلاثة أرباع ما يستهلك من الطاقة يذهب في إنتاج المواد الأساس من مثل الصلب والإسمنت، وربعها فقط في عمليات التجميع. والأمر على عكس ذلك بالنسبة إلى اليد العاملة، إذ تذهب ثلاثة أرباعها إلى التجميع وربع واحد فقط إلى إنتاج المواد الأساس.

ومعنى ذلك أن من شأن تشجيع الأنشطة التي تنتمي إلى حقل التجميع، أن يتيح خلق مناصب شغل جديدة، مع الاقتصاد في استهلاك الطاقة في الآن نفسه.

هنا يطرح سؤال محوري: هل المستهلك فعلا بحاجة إلى هذه "النفايات الكامنة" على شكل منتجات، أم هل ترى يكفيه أن يشتري الخدمات والمنافع دون أن يكون مضطرا للاهتمام بالنفايات؟ هذه المقاربة من شأنها أن تفضي إلى إنشاء اقتصاد دائري يقوم على إعادة الاستعمال كما يخلق مناصب شغل جديدة. وسأعود إلى الحديث عنها فيما بعد.

يطرح مشكل النفايات اليوم بعد استهلاك المواد أو استعمالها، أي لدى المستهلك الذي يولي في العادة بالغ الاهتمام إلى البضاعة حين يشتريها، لكنه قلما يهتم بما يتخلف عن استهلاكه أو استعماله إياها من نفايات. والنتيجة أن الدولة تتحمل عبء تلك النفايات، وذلك على حساب دافعي الضرائب... ومن هذا المنظور فلا فائدة للصناعة من الحد من تصنيع المنتجات-النفايات.

أضف إلى هذا أن كلفة التخلص من النفايات تزيد يوما عن يوم، وذلك لسببين. أما أولهما، فهو أن كتلة النفايات التي ينتجها مجتمع معين تزيد حجما مع ازدياد المستهلكين في ذلك المجتمع ثراءً ورخاء، ومع اتجاههم نحو الاستهلاك المتزايد؛ وأما الثاني، فهو أن تركيبة النفايات لا تفتأ تزداد تعقيدا، بسبب تزايد أعداد المنتجات صغيرة الحجم التي تحتوي على مواد سامة بكميات ضئيلة. ويترجم هذان العاملان (زيادة حجم كتلة النفايات وتعقيد تركيبتها) بزيادة صاروخية في كلفة التخلص من النفايات، تستدعي بطبيعة الحال زيادة في الضرائب ما دام الاقتصاد خطيا.

وقد درجت الدول حتى اليوم على التخلص من النفايات بطرحها في الطبيعة باعتباره الحل الأسهل. غير أن الاكتفاء ب"إعادة" المواد إلى الطبيعة لم يعد حلا مجديا، وذلك لأن المطارح العمومية قد أضحت اليوم مصادر رئيسة للتلوث. فحتى

النفايات الخامدة، من مثل نفايات الأشغال العمومية، تطرح مشكلا كبيرا بسبب حجمها، ولا علاج لها إلا في مقاربة منهجية تهدف إلى إعادة استعمال تلك النفايات في أعمال الردم في محل الأعمال الجارية ذاته.

يبقى إذن أن نعيد استهلاك النفايات، أو أن نقوم بالتخلص منها عن طريق إحراقها. والإحراق يتيح التقليل من حجم النفايات القابلة للاحتراق، حيث يحيلها إلى بقايا معدنية، لكنه لا يتيح التخلص منها نهائيا. بل إن الدولة في إطار الاقتصاد الخطي تشجع على إحراق مواد من الممكن جيدا إعادة استعمالها، من مثل زيوت المحركات. هنا تدخل سياسة الحفاظ على البيئة في سباق أشبه بالصراع مع مبادئ التنمية المستدامة.

أضف إلى هذا كله أن إحراق النفايات يسهم بنصيب في تلويث الهواء، وينتج مواد سامة مثل الديوكسين والفوران. وإذا كانت منشئات الإحراق الكبرى تتوفر على مصافي تمنع انبعاث تلك السموم أو تقلل منه، فإن المحارق الصغرى وغير الخاضعة للمراقبة تعتبر اليوم أحد أهم مصادر تلوث الهواء بمادة الديوكسين.

إعادة تأهيل النفايات: القيمة الاقتصادية محركا

يبقى إذا خيار البحث عن حلول أمثل في ميادين غير تقنية. فمفهوم النفايات مرتبط بنظام القيم عندنا، وبما يمكن تسميته "المسؤولية عن المنتجات"، وكذا بالأهداف السياسية؛ ولهذا فربما كان أجدى لنا نبحث عن وسائل لإعادة تأهيل تلك المواد أو لتفاديها.

حين نتكلم عن النفايات فإننا نعني شيئا لا قيمة ولا مالك له، وهذان واقعان يمكن تغييرهما. فمن شأن سياسة احترازية وإستراتيجيات تقوم على "القيمة الدائمة" و"الملكية الدائمة" أن تتيح تفادي أغلب النفايات، بل وأن تغير كذلك من بنية الاقتصاد الحالي الخطي القائم على مفاهيم القيمة المضافة والقيمة التبادلية، لتعطيها

بنية جديدة تقوم على دوائر مغلقة تتوخى الحفاظ على القيمة الاستعمالية، وذلك عبر تدبير مجدد لمجموعة الأشياء الموجودة.

من المفيد هنا أن نميز ما بين ثلاثة أنواع من مصادر النفايات:

- النفايات النباتية، وهي في غالبها قابلة للتحول إلى سماد بفعل التحلل العضوي، وتستثنى منها النفايات الغذائية، من قبيل الخبز واللحم وغيرها مما يجتذب الحيوانات، وهذه لا يوصى باستعمالها سمادا ولا بطرحها في مطارح النفايات.
- الأشياء التي تبقى على حالها حين تصبح نفايات، من مثل البنايات والجسور والطرق وشبكات المياه الشروبة ومياه الصرف، والآلات الكهربائية والإليكترونية، والسيارات والفرش والملابس.
- الأشياء التي تبقى على حالها، لكن لها وظيفة محفزة، والتي تستعمل لكنها لا تستهلك بالاستعمال، ومنها المذيبات وزيوت المحركات.

يمكن للتطور التكنولوجي أن يسهم بنصيب وافر في تدبيرٍ مستقبليٍّ للنفايات، غير أن هذا التدبير يتغير حسب أنواع النفايات الثلاثة المذكورة. ففي حال "النفايات الطبيعية"، فإن التكنولوجيا الأحيائية سوف تضطلع بدور هام، إذ إنها ستمكن مثلا من تحويل مصل اللبن (وهو نفاية تطرح منها مصانع مشتقات اللبن كميات كبيرة) إلى جزيئات نافعة، بل وربما إلى محروق للتدفئة أو للمحركات لا يلحق ضررا بالبيئة.

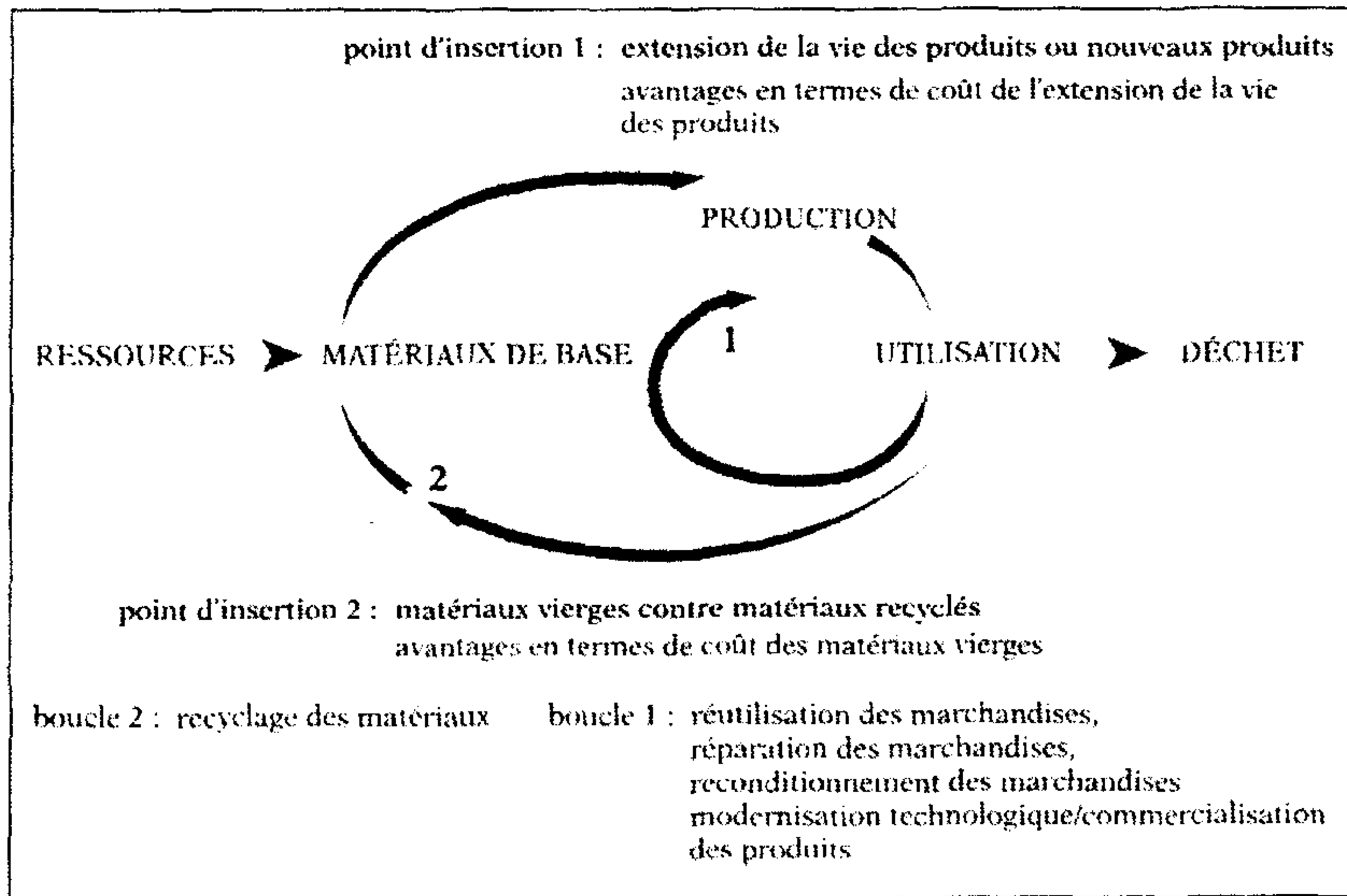
أما الأشياء التي تبقى على حالها، فإن تقديم حلول مجددة لمشكلها يبقى من شأن علماء المواد والتصغير الإليكتروني والممتلكات الافتراضية، وكذا من شأن الاستراتيجيات التقنية-التجارية. وسنعرض لها فيما يلي.

وأما في مجال الأشياء ذات الطبيعة المحفزة، فإن التقدم التكنولوجي سيهم وسائل إعادة التصفية من أجل الاستفادة الاقتصادية، وهي مسألة رهينة بتطور أسعار الموارد الخام وكذا بالسياسات المتبعة.

النفايات الباقية على حالها: مصدر جديد للثروة

يمكن أن تقوم إعادة تأهيل هذا النوع من النفايات عن طريق استرجاع المكونات والمواد التي تدخل في تركيبها. والهدف هو خلق حلقة مغلقة تدور فيها الأشياء والمسؤوليات معا، أي خلق اقتصاد خدمات يغذي نفسه بنفسه (انظر الشكل ٢).

يتيح اقتصاد الدوائر أو الحلقات هذا تفادي كميات كبيرة من النفايات المنجمية المتولدة عن استغلال الموارد الطبيعية ومن غيرها من النفايات. وبذلك فهو ينقص من كمية النفايات عند نقطة البداية وعند نقطة النهاية، علما أن النقطتين معا توجدان خارج الدائرة أو الحلقة. أما في داخل الحلقات، فإن هذا النوع من الاقتصاد يتيح النقص من كمية النفايات عبر إعادة تأهيلها، إما بإعادة استعمالها كما هي بعد إصلاحها، وإما بإعادة تأهيل المكونات التي تدخل في تركيبها.



اقتصاد ذو حلقات

هذه المقاربة تتطلب بدورها مفهوما جديدا لعملية جمع النفايات، لأننا لن نكون ساعتها بإزاء نفايات لا قيمة لها، بل أشياء ذات قيمة ينبغي الاحتفاظ بها. ومعنى ذلك أن عمليات الجمع "الفعالة" التي تضطلع بها اليوم الشاحنات الضاغطة، سيتعين عليها أن تخلي مكانها لعمليات استرجاع انتقائية "متقنة"، تتيح إعادة تأهيل ما يقارب ٨٠ في المائة من الأشياء المسترجعة والاستفادة من بيعها. وهذا سيفضي إلى تفادي كميات كبيرة من النفايات، ولكن كذلك إلى الحفاظ على الموارد غير المتجددة.

وبمعنى آخر، فإن استعمال الأشياء يضحي هدفا جديدا للنمو الاقتصادي، عوض الإنتاج. فالاقتصاد الدائري يخضع لمنطق الدوائر، أي أنه على عكس الاقتصاد الخطي لا بداية له ولا نهاية... ولأجل الاستفادة المثلى من الأشياء المطروحة، ينبغي أن يكون هناك فاعل اقتصادي يتولى أخذ تلك الأشياء قصد إعادة تسليمها إلى مستعمل آخر بعد تصليحها أو إعادة تأهيلها متى اقتضى الأمر ذلك. وتفتح هذه الطريقة الباب واسعا أمام إستراتيجية جديدة، تقوم على بيع الخدمة لا السلعة. حينذاك يبقى الفاعل الاقتصادي الذي ذكرناه محتفظا بملكية الأشياء المباعة وبالمسؤولية عنها طيلة حياتها، علما أن أرباحه تتزايد كلما طال استعمال المنتج المعني، دونما حاجة إلى إنتاج غيره.

وبإمكان كل الفاعلين المعنيين بالاستهلاك، أي المستهلكين والفاعلين الاقتصاديين والدول الأمم، أن يسهموا بنصيب في بلوغ هذا الهدف، سواء بالاشتغال كلا على حدة، أو بالاشتغال يدا في يد. وهذه المقاربة الأخيرة من شأنها كما لا يخفى أن ترفع من مستوى التنافسية الاقتصادية للدولة كلها...

دور المستهلك: تفادي النفايات. القيم الشخصية محركا

إن المستهلكين-الزبائن هم من يملك المفاتيح الحقيقية لمشكلة النفايات المتولدة عن المنتجات المطروحة، إذ إن بإمكانهم أن يختاروا شراء منتجات دائمة الاستعمال عوض المنتجات المطروحة، كما أن بإمكانهم أن يقرروا شراء منتج "مستعمل" عوض شراء الجديد، أو أن لا يشتروا شيئا البتة. وهم يستطيعون أن يتدخلوا في سياق اقتصادي (مبادلة السلع بالمال)، كما في نطاق اجتماعي (من قبيل تبادل السلع كهدايا أو مقايضتها بعضا ببعض).

قديما قال سنيكا الروماني القرطبي: "إن أنت أردت أن تكوني سعيدة فلا تزيدي من عدد ممتلكاتك، بل اكبحي من جماح رغباتك"...

في سياق الاقتصاد الخطي، فإن المستهلك يرتكب جريمة "تخريب اقتصادي" إن هو تصرف بمثل هذا التصرف، لأنه بذلك يعوق تقدم الإنتاج، كما أنه يضايق من جهة أخرى ميزانية الدولة، لأنه بشرائه القديم أو امتناعه عن الشراء لا يؤدي الضريبة على القيمة المضافة ولا غيرها من الضرائب.

بهذا يتبين أن النظام الإقتصادي الحالي يعتمد على بنية خطية: إنتاج فاستهلاك/تبذير فنفايات، وهي بنية تهدف إلى تحقيق أعلى قدر ممكن من الإنتاج، لكن مع اهتمام أقل بما تعلق بالاستعمال.

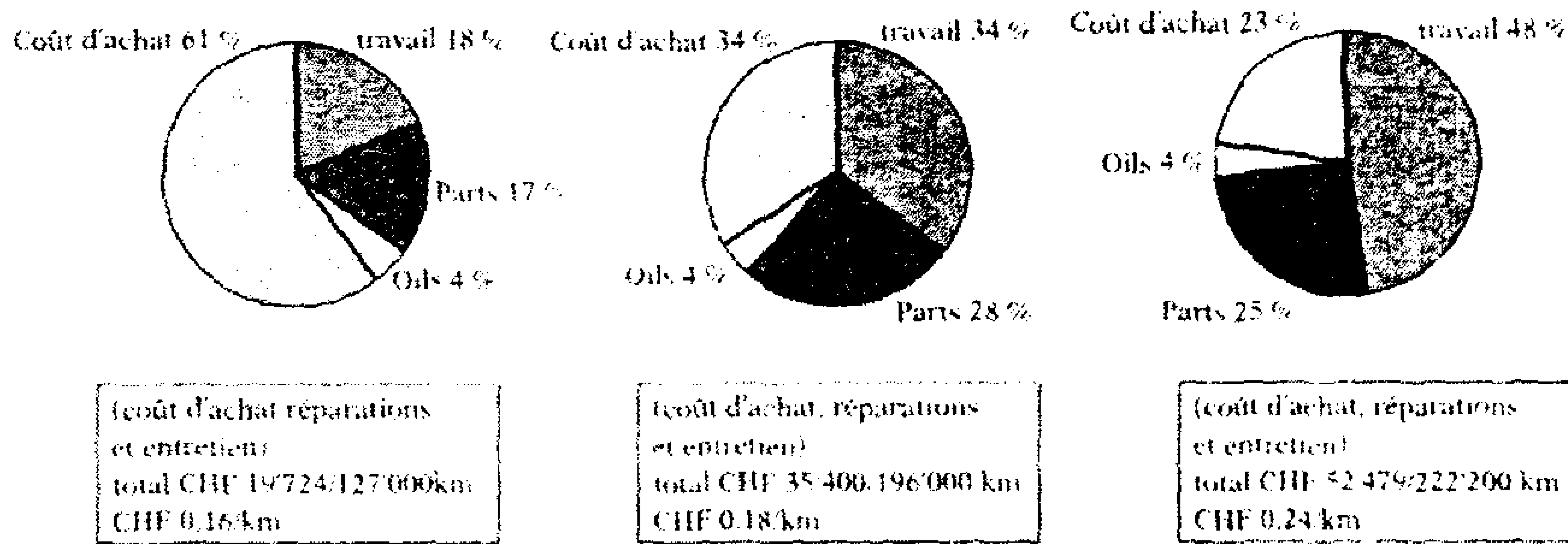
والنتيجة أنه ما من تحول في التوجه يتوخى نوعا آخر من الاقتصاد، إلا وسيستتبع إعادة تكييف، لا للبنية الاقتصادية وحدها، ولكن كذلك للظروف المفروضة من قبل الدولة.

دور الفــاعلين الاقتصــاديين: إعــادة تأهيــل البضــائع والمنتجــات المستعملة

بإمكان الفاعلين الاقتصاديين – من منتجين وموزعين وتجار – أن يختاروا منذ بداية السلسلة الإنتاجية بضائع طويلة الاستعمال، وأن يجتهدوا في أن يحققــوا للمستهلك شروط الاستفادة القصوى من الســلع. وهــذه الاســتراتيجيات التقنيــة الاقتصادية تعني البيئة في مجملها تصورا وتطبيقا، وهي موجهة نحــو اســتعمال السلع في إطار مجتمع خدمات ينتظم على شكل حلقات.

وتفضي هذه الاستراتيجيات الجديدة المجددة إلى زيادة إنتاجية الموارد فــي إطار الأنشطة الاقتصادية.

وتترجم إستراتيجية الاستدامة بالنسبة إلى التشغيل بزيادة في عدد مناصــب الشغل، وكذا برفعٍ لمستوى تأهيل المستخدمين، علاوة على ما ستفضي إليــه مــن حركية دائمة للمناصب بفعل لامركزية الموارد–النفايات. والفضل في هذه النتــائج يعود إلى ما سيستتبعه ذلك من أنْ تحل محل الطاقة اليدُ العاملة المرتبطة بالأنشطة الهادفة إلى إطالة زمن استعمال المنتجات والسلع، وهو ما أثبته تقرير المفوضــية الأوربية عام ١٩٧٦



أن تبيع إنجازا أو نتيجة، يعني أن تبيع استعمال البضاعة لا البضاعة عينها. ومعنى ذلك أيضا تفادي الجدل حول المسؤولية في حال وجــود عيــب أو وقــوع

عطب في السلعة، أو حين يحين أوان التخلص منها، إذ تبقى كلفة الإصلاح وإعادة التأهيل من شأن صاحب السلعة، الذي يعدها من بين مصاريف الإنتاج عنده. وطبيعي أنه عند ذلك سيبتغي الحد من مصاريف الصيانة هذه، مما سيدفعه إلى الاجتهاد في ابتداع وسائل فعالة للوقاية من العطب وللإصلاح، وهو ما سيترجم بالرفع من نوعية المنتجات والسلع.

دور الدولة: تشجيع سياسة منسجمة تهدف إلى التنمية المستدامة

إن الحاجة إلى الاستفادة الاقتصادية القصوى على المدى البعيد تقتضي إدماج "عامل الزمن" في وضع التشريعات. فالتنمية المستدامة تستدعي تشريعا مستداما. فهل ينسجم هذا مع الإكراهات السياسية؟ وهل ستتيح هذه الإكراهات إيلاء الأولوية للمدى الطويل؟

إن حل مشكل النفايات يمر عبر تغيير في أولويات المجتمع، وعبر حياة قائمة على القصد والتوازن، في انسجام مع المحيط ومع الإنسان.

وفي قلب التنمية المستدامة يثوي سؤال: كيف يا ترى السبيل إلى خلق الرغبة في تغيير سلوك الأفراد والجماعات؟...

مراجع

– AYRES (R.), Professeur à l'INSEAD de Fontainebleau, France : diverses publications au sujet du métabolisme industriel.

– BÖRLIN (M.) et STAHEL (W. R.), « Stratégie économique de la durabilité — éléments d'une valorisation de la durée de vie des produits en tant que contribution à la prévention des déchets », *Cahier SB*, n° 32, Société de Banque suisse, Bâle, 1987.

– DE MOOR (A.), *Subsidising Unsustainable Development Undermining the Earth with Public Funds*, Earth council, Toronto, 1997.

– ERKMAN (S.), *Vers une écologie industrielle*, Paris, Charles Léopold Mayer, 1998.

– GIARINI (O.) et STAHEL (W. R.), *Les Limites du certain*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 1989.

– STAHEL (W. R.), « De la notion de produits à celle de services : vendre des performances plutôt que des marchandises », *The IPTS Report*, n° 27, sep 1998. Institute for Prospective Technological Studies, JRC/EU, Séville. Aussi disponible sous forme électronique : http://www.jrc.es/IPTSreport/ n° 27.

– STAHEL (W. R.) et REDAY (G.), *Jobs for Tomorrow, the Potential for Substituting Manpower for Energy*. Commission des CE, Bruxelles/Vantage Press, New York, 1976-1981.

– Le site Internet de l'Institut de la Durée : http://product-life.org/publications

تلوث التربة[٤]

بقلم إميل بفيركورن
Emile PEFFERKORN

لم تظهر إلى الوجود أفكار جديدة حول طبيعة التربة ومصدرها إلا في النصف الثاني من القرن التاسع عشر، حيث بدأ الناس يعون رويدا ما للعوامل الطبوغرافية والبيولوجية من تأثير حاسم في تطور التربة. وبعد قرن من ذلك انتبهوا إلى أهمية التربة بصفتها عمادا من أعمدة الحياة، بما تسهم به من إنتاج للطعام وللألياف. والواقع أن التربة تعج بالحياة؛ فمنها استخرج الباحثون عقار الستربتوميسين، ومن شأن الحفاظ على تنوعها الحيوي أن يساعد في أبحاث مماثلة في المستقبل. غير أننا ما زلنا لم نبلغ بعد هذا المبلغ. فعلم تاريخ علوم البيئة الذي ظهر إلى الوجود عام ١٩٩٢ لا يشير إلى علوم التربة بصفتها فرعا من علوم البيئة، علما أنه يذكر علوما أخرى من علوم الأرض فيما يذكره.

ينتج تلوث التربة عن تراكم آثار مجموعة من الأنشطة البشرية الزراعية والحضرية والصناعية. وهذا النوع من التلوث غائب عن أذهان الناس ووسائل الإعلام معا، عكس تلوث الهواء والمياه، وذلك لأنه ليس من السهل إقامة الدليل على ما يمكن أن يكمن في تلوث التربة من خطر على الصحة العامة، هذا في حين أن استطلاعا للرأي أجري بين العلماء، أثبت أن المخاوف المرتبطة بالأنواع الثلاثة من التلوث تساوي في حجمها حجم ما يخشى منها من مخاطر صحية وبيئية واجتماعية/اقتصادية. ولعل لنا مثالا ناطقا بهذا الشأن في إعلان شهير نرى فيه شركة كبرى مختصة في الكيمياء الزراعية، تؤكد أنها استطاعت إنتاج شتلات من

(٤) نص المحاضرة رقم ٢٩٠ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٦ أكتوبر ٢٠٠٠.

النبات يمكنها أن تنبت في تربة ملوثة، وفي ذاك لعمري خير اعتراف بكون هذا النوع من المشاكل قائما، وبضرورة السعي إلى إيجاد حلول له.

إن هدفي أن أقدم بادئ ذي بدء تمثيلا بسيطا لبنية تربة خصبة، لعل ذلك يسعف في فهم بعض مشاكل التلوث، وبالخصوص في تسليط الضوء على الصعوبات التي تعترض كل مسعى يهدف إلى حل المشاكل المتعلقة بتلوث التربة. ويجب الإشارة إلى أن هذه المسألة مسألة راهنة، نظرا إلى ما أعلن بعض الناس عنه من نية في فرش الحقول بالأوحال بطريقة متحكم فيها، كوسيلة للتخلص بكلفة قليلة من العناصر غير المرغوب فيها الموجودة في النفايات المتخلفة عن معالجة مياه الصرف الحضرية. وأكثر من هذا انتشارا ما يقومون به من رش نفايات أماكن تربية المواشي في الحقول، مدعين أنها مخصبات للتربة.

نستعمل لفظة "بنية" هنا لوصف التنظيم التراكمي الذي يميز التربة. فأنت إذا حملت بعض التراب على رأس سكين تتفحصه، لاحظت أن العينة المستخرجة لا تلبث في الغالب أن تتشقق لتتساقط فتاتا من أنواع وأحجام مختلفة. وهذا الفتات - الناتج عن تجمع جزيئات مختلفة تلتصق فيما بينها حسب معايير تتعلق بالشكل وبالخصائص الكيميائية - مسامي ومتداخل بعضه في بعض على مستويات مختلفة.

فعلى مستوى الجزء من المليون من المتر وما تحت ذلك، نكتشف أن الصلصال يدين بالتصاق أجزائه ببعضها إلى وجود مواد عضوية فيه، وكذا إلى وجود أيونات موجبة متعددة التكافؤ، مثل أيونات الكالسيوم والمغنسيوم والألمونيوم. وتكون هذه الركامات متجمعة فيما بينها أو ملتصقة بمكونات أكبر حجما، مثل المركبات المعدنية الصلصالية من الحديد والكلس والصوان. ويضطلع النشاط البيولوجي بدور هام في هذا المستوى. وتكون الكتلة النهائية جسما ذا قوام يختلف باختلاف تلك المكونات، وبحجم قد يبلغ عشرة سنتيمترات طولا. ونشير هنا إلى أن سكك المحاريث إذا كانت تشق جوف الأرض وتقلبه، فإنها تبقى دون أي أثر في

الحبيبات المتجمعة التي تتميز بمساحات نوعية كبيرة، والتي يعود إليها الفضل في خصوبة التربة. وعلى هذا المستوى، تضطلع عوامل كيميائية (تبادل الأيونات) وفيزيائية (من اجتفاف ودورات تجمد وذوبان) وبيوكيميائية (الأحياء الدقيقة) بإصلاح ما انهار من البنيات.

ولإعطاء فكرة مبسطة عن المسألة، سنقول إن التربة تكون خصبة متى تخللها ما يكفي من الهواء وكان بين عناصرها تماسك طبيعي يمكنها من مقاومة ضربات المطر ومرور الآلات الزراعية. ولنضرب في ذلك مثلا: فالطمي يقاوم المطر ويصمد لضرب الآلات ما دامت الظروف الهيدروليكية طبيعية، لكنه سرعان ما ينهار متى كان المطر من القوة بحيث يملأ الماء التجاويف جميعها. وبتعبير أدق، فقد استطاع الباحثون أن يقيموا الدليل، عبر تجارب تكسير متحكم فيه للفتات التراكمي في التربة، على الدور الهام الذي تضطلع به المادة العضوية فيها. فقد بينوا أن إزالة المادة العضوية من التربة تؤدي إلى تكوين تراكمات هشة سهلة التفتت، في حين أن إزالة المواد غير العضوية لا تغير إلا قليلا من تماسك البنيات.

في مرحلة ثانية، سأقدم رسمين بيانيين يشرحان التلوث بالألمنيوم الذي من الممكن أن تصاب به التربة الحمضية. فلماذا يا ترى رسمان لا واحد؟ هدفنا من ذلك أن نبين تنوع الظواهر الفيزيائية/الكيميائية التي يمكن أن تحدث في التربة التي يتميز نسيجها وتركيبتها بتعقيد شديد. وسنرى في مرحلة أولى كيف يتصرف أكسيد من أكسيدات الألمنيوم (هو القرند) حين يكون على شكل مسحوق عالق في محيط ذي حموضة ضعيفة (pH5) بحضور مواد دبالية. بعد ذلك سنرى كيف يتصرف طين من الصلصال في الظروف ذاتها. ونشير بهذا الصدد إلى أن المكون الأول الذي ذكرناه يمكن أن يكون ملتصقا التصاقا قويا بالثاني في التربة. وأخيرا سوف أصف تطور التراكمات الملوثة، لأذكر المشاكل المتعددة التي تطرحها المعالجة، سائقا بعض الأمثلة التي تبين أن إضافة بعض المواد المكثفة عند الري قد تكون لها آثار وقائية.

بنية التربة

لا شك أن ساكن المدينة وبستاني يوم الأحد يجدان الصعوبة ذاتها في تصور بنية تربة خصبة، تحسن استقبال ما يودع فيها من شتلات وبذور، وتتيح انتقال الأسمدة وغيرها من المغذيات في سهولة ويسر. ولفهم ذلك فلنتصور عددا كبيرا من المكعبات عالقة في سائل له الكثافة نفسها التي لمادة المكعبات، تفاديا للمشاكل المرتبطة بالترسب. فالمكعبات سوف تنطلق عائمة في الوسط السائل فيلتصق بعضها ببعض حسب ما تفضي إليه مصادفات التصادم الذي يقع فيما بينها، مكونة كتلا متفاوتة الأشكال والأحجام، تمضي بدورها عائمة فتصطدم فتلتصق. حتى إذا انتهت العملية ولم تعد المكعبات تُكون سوى جسم واحد، أخرجنا ذلك الجسم من السائل، واعتبرنا أن الجسم المتشبع بالماء الذي حصلنا عليه له بنية كتلة تراكمية من التربة. ويمكن أن نتصور أننا لو حشرنا بين تلك المكعبات مكعبا واحدا أكبر منها حجما، فأحللناه محل كتلة تراكمية بالحجم نفسه، فإننا لن نغير في شيء من تنظيم الكتلة الكبرى النهائية. فإذا اقتطعنا من هذه الكتلة شريحة رقيقة وأخذنا لها صورة فوتوغرافية، فإننا سنجدها على شكل تجمع من القطع غير منتظم ومليء بالثقوب. لكننا لو لم نضع ذلك المكعب الكبير بين المكعبات الصغيرة، لحصلنا على كتلة متجانسة مضمومة الأجزاء لا ثقوب فيها. وذلكم حال التربة الملوثة، بمعنى أن التلوث هو بمثابة سيرورة تفضي إلى تفكيك التربة إلى مكوناتها الأولى، مما يولد ركاما ملتحما من المكعبات لا يتخلله إلا القليل من المساحات الحرة.

لنعد إذا إلى الكتلة المسامية التي لها بنية كتلة تراكمية من التربة. فتماسك الأجزاء والمكعبات المختلفة فيما بينها هو نتيجة لوجود مواد دبالية، وإن تكن نسبتها إلى مجمل الكتلة ضعيفة (حوالي ٤%). فالأحماض الدبالية عبارة عن جزيئات كبيرة، بحيث أنه إذا كان عدد معين من جزيئات ملح الطعام مثلا يزن خمسين غراما تقريبا، فإن العدد نفسه من جزيئات تلك الأحماض سيزن ما بين ٥ و٧ كيلوغرامات. فإذا ما كانت المادة العضوية موزعة توزيعا جيدا على أماكن

الالتقاء بين المكعبات وغيرها من الكتل التراكمية، فإن التحام أجزاء الكتلة فيما بينها سيكون جيدا. وعلى عكس الالتحام الصلب الذي ينتج عن اللاحمات غير العضوية ذات الوزن الجزيئي الضعيف، فإن الالتحام الذي تؤمنه الأحماض الدبالية يتميز بطبيعة مرنة، تعود إلى مرونة هيكل الجزيئات الكبيرة، وهو ما يتيح للبنية مقاومةً أفضل للضغط الخارجي، ويمكنها من استعادة شكلها الأول بعد انتهاء الضغط. أما آليات تثبيت الأجزاء المتتالية من السلسلة الجزيئية إلى بعضها، فهي عديدة ومتنوعة، بفعل تنوع المجموعات الوظيفية التي تتميز بها الجزيئات، وكذا بفعل المواقع النشطة الموجودة على سطح المادة الصلبة. والتفاعلات التي تتدخل فيها متنوعة، من فيزيائية إلى كيميائية إلى كهربائية، تحدد كل منها موضع السلسلة واتجاهها وعدد الروابط التي تربطها بما حولها من السلاسل.

لكن إذا لم تتوفر المادة العضوية بكمية كافية، فإن عددا من الروابط سيكون غير قوي بما يكفي، وستتفكك التربة بسهولة عند تعرضها للضغط. وقد برهن باحثو معهد INRA الفرنسي على قيام هذه العلاقة بين نسبة الكربون العضوي في التربة وبين درجة تماسك تلك التربة ومقاومتها للضغوط الخارجية.

وننبه هنا إلى أنه إذا كان هذا النموذج الذي قدمناه يتيح تقديم تصوير بسيط عن الكتل التراكمية، فإنه أبعد ما يكون عن الإحاطة بكل ما تتصف به هذه البنيات من تعقيد نفضل أن نغض عنه الطرف في هذا المقام.

تلوث البنيات الترابية بأيونات الألمنيوم

تجد جذور النباتات في التربة الخصبة وسطا ملائما، مساميا ومستقرا، تسري الغازات والسوائل فيه بكل سهولة ويسر. فالتربة الخصبة توفر مساحات التقاء حرة كبيرة تتيح تركيز المواد الدبالية، وكذا إمكانيات غذائية، بحكم أن هذه المواد قادرة على احتجاز عناصر مغذية. وحين يكون الوسط متعادلا أو قاعديا بعض الشيء، فإن أيونات الكالسيوم والمغنسيوم تتفاعل مع المواد العضوية وغير

العضوية. أما حين يكون الوسط حمضيا، فإن أيونات الألمنيوم ذات التكافؤ الثلاثي تصبح مهيمنة بعد إزاحة الأيونات الأخرى.

التفاعلات ما بين الأحماض الدبالية وأيونات الألمنيوم في محلول حمضي (pH5)

تبقى حمولة الألمنيوم الصافية من الحلامة hydrolysats رهينة بتركيز الألمنيوم والهيدروجين في المحلول المعني. ففي ظروف دراسة البنيات الحمضية (pH5) وفي وسطٍ ذي تركيز ضعيف من أيونات الألمنيوم، فإن الأيونات ثلاثية التكافؤ تشكل أغلبية مطلقة مقارنة بنظيرتها ثنائية التكافؤ وأحاديته. ومعنى ذلك أن المواد الدبالية تحمل أجساما ثنائية التكافؤ وأحاديته، وأجساما متعادلة التكافؤ أو سلبيته، وهذه الأخيرة تعود إلى وجود مجموعات وظيفية من حمض الكربوكسيليك. ويمكن أن تنتج عن ذلك تفاعلات قوية بين الجزيئات الكبيرة وداخل تلك الجزيئات، مما يغير كثيرا من خاصياتها. وبموازاة مع ذلك، فإن هذه التفاعلات تؤدي إلى نشوء كم إضافي من المناطق المصغرة كارهة الماء، مما ينقص من قابلية الجزيء الكبير لمرور الماء. ومعنى ذلك أن الخصائص الفيزيائية-الكيميائية للجزيئات الكبيرة مرتبطة بالتركيز النسبي من أيونات الألمنيوم والأحماض الدبالية.

التفاعلات ما بين أيونات الألمنيوم وبين القرند في محلول عالق حمضي

تبلغ نسبة الألمنيوم على اختلاف أشكاله في التربة نحوا من عشرة بالمائة. أما في تجاربنا، فإن القرند مستعمل على شكل مسحوق قطر حباته نحو من ١،٦ جزء من المليون من المتر، ويوفر مساحة لقاء حرة تقدر بنحو ثلاثة أمتار مربعة عن كل غرام واحد من المادة الجافة. فإذا كان الوسط حمضيا، فإن القرند يكون قليل القابلية للذوبان، وعلى سطح حباته تتكون أيونات ألمنيوم مميهة ذات شحنات موجبة، تتميز بكثافة سطحية يمكن استنباطها من حركة الجزيئات في حقل كهربي.

ولذا فإن محيط القرند يكون دائما ملوثا بأيونات الألمنيوم، ومساحته مشابهة كيميائيا لبعض صُفيحات الطين من مثل الصلصال والجبسيت.

التفاعلات ما بين أيونات الألمنيوم وبين الصلصال في محلول عالق حمضي

الصلصال أحد أنواع الأطيان التي تؤمن في التربة تماسك مكونات أكبر منها حجما، وذلك بفضل الدور الذي تضطلع به في تطمية وتعزيز الروابط عند نقاط الالتقاء بين تلك المكونات. ومعنى ذلك أن كل إخلال بتوازن هذه التطمية سيؤدي إلى انهيار بناء الكتلة التراكمية جميعها. والصلصال غير قابل للذوبان في الوسط الحمضي، غير أنه يجتذب في السطح أيونات الألمنيوم الناتجة عن طبيعة ذلك الوسط الحمضية. وتتولد عن هذا الاجتذاب تفاعلات قوية مع المواد الدبالية، تؤدي إلى نشوء طبقات عضوية بينية يختلف سمكها باختلاف الكميات المتوافرة من المواد العضوية والطين وأيونات الألمنيوم.

البنيات الثلاثية

أتاحت النتائج التي حصلنا عليها من بحثنا حول بنيتي القرند والصلصال، تحديد ثلاثة أنواع كبرى من التفاعلات.

ففي حال القرند، فإن الأمور تمضي وكأن لا أثر للتفاعلات الكهربية بين المساحات الحرة وبين المادة العضوية. فالتوزيع العشوائي للمواقع المشحونة والمتعادلة يتحول بمرور الزمن إلى توزيع عزلي لتلك المواقع. وفي حين يكون التوزيع العشوائي ملائما لنشوء ارتباطات ما بين الجزيئات، مما يتيح تجمع البنيات والتحامها فيما بينها، فإن التوزيع العزلي يجعل السلاسل كارهة الماء تقترب من مواقع السلاسل محبة الماء في السطح، مما يؤدي إلى تفتت الكتل التراكمية. وهذا الاتجاه غير المتوقع الذي يتبعه انتقال السلاسل، والذي يقرب بعض المجموعات

ذات الشحنات الإيجابية من الجزيئات الكبيرة للمجموعات الموجبة الموزعة على السطح، يجد تفسيرا في كون المواقع الموجبة كارهة للماء كذلك. وهذه هي الخاصية التي تغلب على غيرها في آخر المطاف، لأن التفاعلات القوية بين أيونات الألمنيوم في السطح وبين الأحماض الكربوكسيلية الموجودة في المواد الدبالية في السلاسل المجاورة، تؤدي إلى نشوء أزواج من الأيونات الجافة. والنتيجة أن حالة التوازن النهائي – التي تفترض وجود عزل بين مواقع كارهة للماء تتركز في المساحة البينية ومواقع محبة للماء يجري الدفع بها إلى داخل الطبقة – تترجم بتشتيت تام للكتل التراكمية ولكل مكوناتها.

أما في حال الصلصال، فإن أيونات الألمنيوم الحاملة لشحنات موجبة، لا تتعرض للتركيب التسلسلي، مما يجعلها تحتفظ بمائها فلا تطرده. وبذلك فإنها على مستوى المواد الدبالية تقود إلى مفعول طارد للسلاسل الموجبة وجاذب للسلاسل السالبة، بحث أنه في حال التوازن النهائي تكون المواقع السالبة مركزة عند السطح فيما يُدفع بالمواقع الموجبة بعيدا إل خارج الطبقة العضوية.

تنتج عن التلوث بالألمنيوم إذن طبقات عضوية بينية، يخضع تركيب بنيتها للجدار غير العضوي. ومهما يكن نوع العزل النهائي الذي يحصل، فإن رحيل الأيونات إلى داخل الطبقة من شأنه مهما كان بطيئا أن يؤدي في نهاية المطاف إلى انطلاق سيرورة التفتت التي تنتهي بدورها بانهيار البنية كلها. وينجم تفتت الكتل التراكمية عن التنافر الذي يقع بين المواقع الكارهة للماء موجبة الشحنة الواقعة في المنطقة الخارجية، وبين الطبقة العضوية.

لسنا ندري الشيء الكثير عن سرعة انتقال الأيونات، باستثناء ما نعرفه مما يصاحب هذه الانتقالات من ترميم للجزيئات الكبيرة، وأنها بذلك تحد من سرعة تفتت الكتل التراكمية. ويمكن أثناء تجربة مخبرية أن نحدد بالضبط توزيع الكتل التراكمية والفتات. وانطلاقا من توزيع أوزان الكتل التراكمية الأقل وزنا قياسا على نموذج نظري، يمكن استنتاج معلومات عن آليات التكسر وسيرورته. فحين ينتج

التفتت عن عزل مجموعات مشحونة كهربيا، فإنه يكون نهائيا، حيث لا تعود الأجزاء المنفصلة عن الكتلة إلى الالتحام بها أبدا، وذلك بسبب قوة التنافر الكهربي الحاصل بين المجموعات الموجبة الواقعة على الجوانب الخارجية. وعلى العكس من ذلك، فحين ينتج التفتت عن عزل بين المجموعات المحبة للماء ونظيرتها الكارهة له، فإن الجزء المنفصل عن الكتلة يمكن أن يعود ليلتصق من جديد بجزء آخر متى اصطدم به، لأن التفاعلات ليست من القوة بما يكفي للحيلولة دون ذلك. والنتيجة أن سرعة تناقص أوزان الكتل التراكمية أبطأ في الحالة الثانية منها في الأولى. وقد بينت تجارب أجريت على هذين النوعين من الكولويدات، ونعني القرند والصلصال، أن التوزيع التام للكتل التراكمية في محلول معلق يستدعي أسابيع عديدة. أما سرعة الانهيار في الوسط الحمضي فلا علم لنا بها.

لقد رأينا أثر التلوث في بنيات بسيطة، وإنه لمن المستحيل التنبؤ بما يمكن أن يكون له من أثر في بنيات أكثر تعقيدا، مثل تربة مكونة من القرند والصلصال معا. فلكي تكون مثل هذه التربة متماسكة، لا بد من أن تنشأ روابط بين الجدران المختلفة.

العلاج

لقد حرصت على أن أذكر آثار التلوث الذي يحدثه الألمنيوم في البنيتين معا. وواضح أن علاج ما يلم بكل منهما يستدعي إعمال الوسائل والطرق المناسبة. ونذكر من بين الوسائل رش التربة الحمضية بالجير والمغنسيوم لأجل إحداث تبادل أيوني. والعملية ليست بالهينة، كما أن النتائج غير مضمونة، لأن سرعة التبادل وكذا معايير التوازن تختلف كلها كثيرا باختلاف الطبيعة المحبة أو الكارهة للماء في محيط الذرات المركزية. ويمكن أن نقترح بديلا عن ذلك في إضافة مواد دبالية مسلسلة بالكلسيوم أو المغنسيوم إلى مياه الري. ولست شخصيا بالقادر حتى اليوم على أن أوصي بإحدى هاتين الطريقتين تفضيلا لها على الأخرى، لأنني لا أعلم

شيئا عما يمكن أن ينجم عنهما من آثار على المديين المتوسط والبعيد. وهذا يعني أن أفضل ما يوصى به هو الوقاية.

وقد اقترح الباحثون حلولا لمقاومة تآكل التربة الناتج عن نقص في المواد العضوية، وهو ما يمثل الحالة الأكثر بساطة. وقد أثبتوا أن مادة البولياكريلاميد، وهي مادة مكثفة اصطناعية يستعملونها على وجه الخصوص في بعض تقنيات الحفر للتحكم في استخراج الأوحال، يمكن أن تكون ذات فائدة كبيرة في هذا المجال. فقدرة هذه المادة على اجتذاب حبات التراب تدعم بشكل كبير تماسك الكتل التراكمية. وقد لوحظ أن المياه المنسابة من التربة المعالجة بهذه الطريقة تكون رائقة، وأن التربة تبدي مقاومة أفضل لضربات الماء. غير أن هذه الطريقة لم تلق نجاحا سريعا عند تطبيقها أول مرة، إذ لاقت المحاولات الأولى في الستينات من القرن الماضي فشلا ذريعا، لأن الطرق المختلفة التي تشتغل بها هذه المواد لم تكن بعد معروفة بما يكفي. وقد مكنت التطورات التي حدثت منذ ذلك الزمن من حل المشاكل المرتبطة بتحديد المقادير وطرق العمل. ويمكن للتجارب المخبرية أن توفر معلومات تفيد في تطبيق هذه التقنية في الحقول، وهي طريقة معمول بها اليوم في الولايات المتحدة الأمريكية. ولا غرو في ذلك متى استحضرنا الكلفة العالية التي يتطلبها تنظيف البحيرات والقنوات ومجاري الأنهار من آثار تآكل التربة.

إن للمعالجة بالمواد العضوية الطبيعية، وحتى بالمواد المكثفة الصناعية متى اقتضى الأمر ذلك، أثرا حميدا في التربة المعرضة لاستغلال مفرط أو التي ترش كثيرا بالمبيدات. وما يخشى من ذلك هو أن يؤدي الإفراط في مد التربة بالسماد ابتغاء زيادة الإنتاج، إلى انخفاض الخصوبة الطبيعية فيها. ويبقى أن نضيف أن حقول الزراعة المغطاة تستفيد من هذا النوع من المعالجة بواسطة مواد دبالية مستخرجة من النفايات النباتية.

يبقى مشكل تلوث التربة بالمواد المختلفة مطروحا، وفي هذه الحالة، وعلى المستوى الذي عليه معارفنا اليوم، فإن الحديث عن خلق شتلات قادرة على النمو في تربة ملوثة يبقى بديلا جريئا.

وأشير في نهاية كلامي إلى أنني لم أتناول بالحديث المواقع الملوثة بمواد كالمشتقات البترولية أو المذيبات المحتوية على مادة الكلور، وهي تستحق اهتماما خاصا بالنظر إلى العدد الكبير من المواقع المصابة بهذه الآفة. والتقنيات المتاحة اليوم (من قبيل ضخ مواد مقاومة للتمدد السطحي) لا تمكن إلا من معالجة مساحات صغيرة، ولسنا نخال أن بإمكان هذا النوع من الطرق العلاجية أن يفضي إلى تربة جيدة البنية تصلح يوما أرضا للزراعة.

الضجيج والأذى الصوتي اليوم، ونوعية محيطنا الصوتي في المستقبل(٥)

بقلم جون-كلود سيريرو
Jean-Claude SERRERO

يرتبط الضجيج ارتباطا وثيقا بالنشاط البشري. ويكفي للاقتناع بذلك أن ننظر إلى المدن ومحيطها المباشر، ونرى كيف تزحف على ما يحيط بها، وكيف أن آخر الأماكن التي كان يسكنها الصمت (مثل الفضاءات الصحراوية والجبلية والبحرية) قد بدأت تغزوها أصوات الحضارة المسماة عصرية (من هواتف محمولة وطائرات مروحية ودراجات مائية وغيرها).

في مواجهة هذه الوضعية المقلقة التي نبهت إليها تحقيقات عديدة، بدأت السلطات العمومية تهتم بهذا المشكل، فأصدرت قوانين صارمة، واتخذت إجراءات دقيقة تهدف إلى الحد من آثار الضجيج. والمقاربة المفضلة عند الدولة هي المقاربة الكمية (حساب الدسيبل)، وهي مقاربة تتجاهل الجوانب الكيفية التي غالبا ما يكون لها النصيب الأوفر من أسباب الإزعاج. هذا علاوة على أن الإجراءات المتخذة مكلفة وقلما تسعف في حل المشكل، فلا تفضي في الغالب سوى إلى التضييق على الناس دونما كبير فائدة، بل إنها في بعض الأحيان تقود إلى أنواع من الحيف لا مبرر لها ولا مسوغ.

غير أن العالم شهد رغم ذلك تطورات أحرزها الباحثون، أفضت إلى التخفيض من حجم الضجيج في مواضع انبعاثه (من قطارات وسيارات وطائرات وآلات حفر وغيرها)، وفي أماكن العمل والبنيات على مستوى انتشاره (من أنفاق

---

(٥) نص المحاضرة رقم ٢٩١ التي ألقيت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٧ أكتوبر ٢٠٠٠.

وحواجز صوتية وقوالب إسمنتية خاصة) وكذا على مستوى التلقي (من قبعات مضادة للضجيج وحافظات للأذن وغير ذلك). ويبقى الهدف المرسوم هو القضاء على كل أنواع الضجيج التي من شأنها أن تتسبب في أضرار نفسية أو صحية للساكنة الحساسة (من أطفال ومسنين وأشخاص معرضين للضجيج في أماكن عملهم).

ويمكن أن نقول إن نوعية المحيط الصوتي – وهي ليست بالأمر الذي يسهل تحديده – سائرة في تحسن مستمر، وذلك بفضل عدد من الأبحاث التي يقودها علماء متعددو الاختصاصات. والهدف الذي تسعى السلطات العمومية إلى بلوغه هو الحفاظ على نوعية جيدة للمحيط الصوتي، مع مواصلة العمل على التخفيض من كميات الضجيج المنبعثة.

ما الضجيج ؟

مفهوم الضجيج مفهوم معقد قدم له المختصون عددا من التعريفات يحاول كل منها أن يحصر من معانيه ما يستطيع. ونذكر من هذه التعريفات ثلاثة. فحسب موسوعة Encyclopaedia Universalis، فإن الضجيج "صوت مركب يتميز بطيف ترددي ثابت، أو بعدم استقرار مكون من المكونات." أما من الناحية السيكولوجية، فإن الضجيج هو "كل صوت مزعج، علما أن صوتا مستحبا قد يضحي ضجيجا مزعجا متى جاوز ارتفاعه حدا معينا." وأما المنظمة العالمية للتنميط ISO، فتصف الضجيج بما هو "ظاهرة صوتية تولد إحساسا سمعيا يعتبر مزعجا وغير مستحب."

تقرع الإشارة الصوتية الفيزيائية جدار لاقط طبيعي هو الأذن. ذلك ما جعل دراسة الأذن "المعيارية" تفضي إلى قيام علم الصوتيات الفيزيائية الموضوعية والقابلة لإعادة التجربة. هنا حدود اختصاص عالم الصوتيات. أما في داخل الأذن، فإن الإشارة الصوتية تفكك إلى مقاطع ثم يجري نقلها إلى القشرة الدماغية عن

طريق العصب السمعي. بعد ذلك يجري تحليل تلك الإشارة في شبكات من المناطق الدماغية، مما يولد السماع. ومعلوم أن هذه المرحلة الأخيرة تستدعي إعمال عناصر أخرى على رأسها الذاكرة، أي المكتسبات المعرفية ومعطيات المحيط الثقافي والاجتماعي الخاص بالسامع. وهذه المسألة ذاتية، وذاك ما يشكل العقبة الأساس التي تعترض كل عملية هادفة إلى تقنين هذا المجال.

نعود الآن إلى الإشارة الصوتية المبثوثة، فنقول إن الضجيج عبارة عن تشكيلة عشوائية من الأصوات. ولنذكِّر بهذه المناسبة بالمفاهيم الأساس المرتبطة بالصوتيات الفيزيائية والفسيولوجية، من تردد/ارتفاع وشدة/قوة ومدة.

التردد/الارتفاع

يطلق اسم التردد على عدد التغيرات في الضغط الصوتي في مدة محددة من الزمن، ووحدته هي الهرتز (Hz)، تخليدا لاسم الفيزيائي الألماني H.R. Hertz (١٨٥٧-١٨٩٤). فحين يكون الصوت ذا تردد واحد، فإننا نسميه صوتا صافيا. وهناك أصوات دورية مركبة، فنوتة "دو" الموسيقية الخارجة من الكلارينيت ليست هي نفسها التي يعطيها المزمار. والواقع أن هناك في الغالب عددا من الأصوات المتداخلة المركبة غير الدورية والعشوائية، تكون كلها صوتا "ذا حيز تذبذبي واسع". ولنا في "الصوت الأبيض" مثالا عن صوت تتوزع فيه الطاقة الصوتية بعدالة بين كل الذبذبات (صوت الشلال مثلا).

وترتبط بالتردد خاصية أخرى من خصائص الصوت هي الارتفاع، وهي خاصية أقام لها المختصون بعلم النفس السمعي نماذج. وقد اتخذت الأبحاث وجهتين مختلفتين، هما تحليل النبرة الصوتية (أبحاث المعهد الوطني للفنون والثقافة، وأبحاث المعهد الوطني للأبحاث العلمية)، وترميز الترددات، بفضل الأشغال التي قادها عالم الفسيولوجيا الهنغاري von Bekesy الحائز على جائزة نوبل عام ١٩٦١ (عن ترميز درجات الضغط الصوتي)، وكذا تلك التي قادها

البروفيسور Rose (الترميز الزمني). والنماذج المقامة كلها موضع جدال، إذ إن مفهوم علو الصوت مفهوم معقد يستدعي تحديده تخصصات عدة (من فيزياء وصوتيات وفسيولوجيا وطب أعصاب وغير ذلك).

يمثل مجموع الأصوات المسموعة، من أدقها إلى أغلظها، ما يعرف باسم الحقل السمعي الصوتي (وتتراوح تردداته بين ٤٠ و ١٦٠٠٠ هرتز، ويشمل تسع وحدات ثُمانية). فحدود الأصوات البشرية هي على سبيل المثال ٨٠ هرتز بالنسبة إلى أخفضها و ١٥٠٠ هرتز بالنسبة إلى أدقها. وينخفض الحد الأعلى بمرور السن، وهي الظاهرة المعروفة باسم الشيخوخة الصوتية presbyacousie.

تعرف القدرة على تمييز ترددين مختلفين لكن قريبين من بعضهما، بالقدرة التمييزية الترددية. وهي تختلف من فرد لآخر اختلافا كبيرا، يعود في جزء منه إلى ما هو خلقي وفي جزء آخر إلى ما هو مكتسب. وهي تتميز بما يعرف باسم الحد التمييزي النسبي (ن١ – ن٢)، حيث تكون ن٢ هي أغلظ الصوتين (وتكون قيمتها في العادة حوالي ٣ في الألف في مجال الترددات الواقعة بين ٥٠٠ و ٤٠٠٠ هرتز). وقد أثبت Georges Canevet أن متوسط الحدود التمييزية المقيسة لدى عينة من ١٠٧ أشخاص خضعوا للتجربة، هو ١٠ هرتز بالنسبة إلى تردد من ١٠٠٠ هرتز.

وتتيح هذه الحساسية التمييز بين ١٨٠٠ صوت من درجات مختلفة من العلو على امتداد الوحدات التسع التي تكون الحقل المسموع. أما بالنسبة إلى الأصوات المركبة، فإن مفهوم العلو يوجد في بعض الحالات الخاصة، مثل حالة صوت ذي طيف غير عريض (بضع هرتزات)، حيث يكون العلو المسموع هو علو التردد الموجود في وسط الطيف، على حين تبدو الترددات الأخرى وكأنها تنويعات منه.

غير أن علو الصوت ليس رهينا بتردده فحسب، إذ يمكن في بعض الحالات أن يتغير كذلك بتغير شدته. فعلو الأصوات الصافية مثلا يزيد بزيادة الشدة متى كان تردد الصوت أعلى من ٣٠٠٠ هرتز، وينقص بزيادتها متى كان تردده أقل من ٢٠٠٠ هرتز. كما أن العلو يتغير حسب ما يتعرض له من ارتداد وتشتيت ناجم عن الجسم ذاته (صيوان الأذن والرأس والكتفان والجذع)، وعن وجود دهليزين (هما دهليزا الأذنين) يعبر منهما الصوت إلى العصبين السمعيين الفرعيين (فالفرق بين وقتَيْ بلوغ الصوت إلى كل واحد من العصبين يتيح تمييز مصدر الصوت، وإنْ بدقةٍ أقل بكثير من نظيرتها عند القط على سبيل المثال).

وقد قادت الأبحاث التي أجريت على نوعية الصوت (مجال الراحة الصوتية) إلى تحديد مؤشرات عدة (كالخشونة والحدة والصرير والنبرة وغيرها). وهذه المؤشرات غير موحدة على المستوى الدولي، إلا أنها تبقى رغم ذلك أدوات فعالة في مجالات عدة منها على سبيل المثال مجال صناعة السيارات، حيث يجتهد المهندسون في تقليل الضجيج جهد الإمكان لضمان راحة الراكبين. ويتبين من هذا أن القياس الذي يتوخى معرفة وضعية صوتية معينة، فيعتمد ميكروفونا عاديا ذا استجابة خطية مستقلة عن الترددات مهما كان اتجاه ورود الصوت، لا يعطينا سوى صورة مبهمة عن حقيقة الإشارة الصوتية المسموعة.

الشدة/القوة

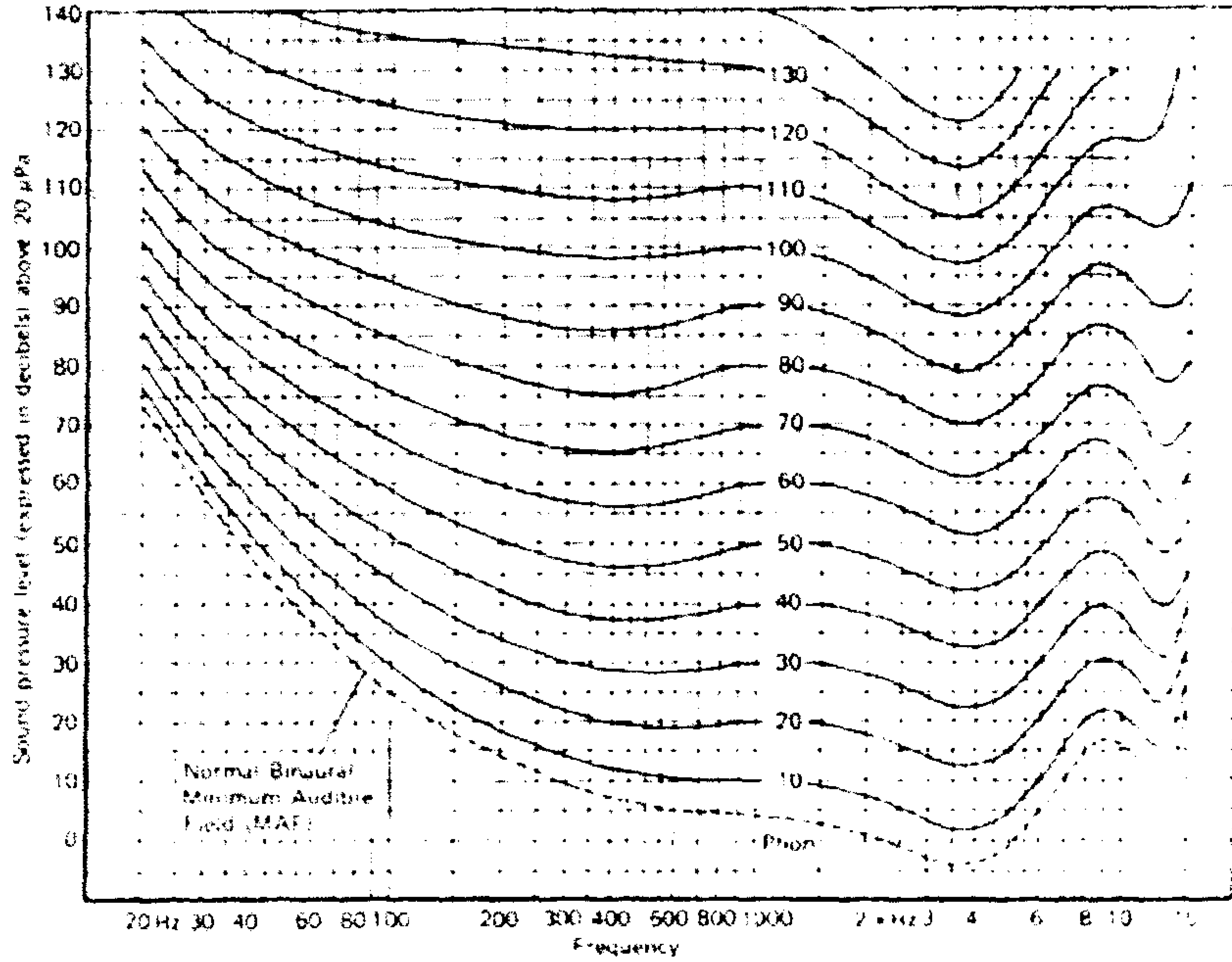
إن الواصف الأصل للصوت هو الضغط الذي يسببه ذلك الصوت، ويرمز إليه بحرف ض. وأصغر ضغط تحسه الأذن هو ض٠، أي أدنى حد من الصوت المسموع، ومقداره جزء من خمسين ألف جزء من الباسكال، وهو أقل بما يزيد عن مليار مرة من الضغط الجوي.

وتؤخذ الشدة الصوتية المقابلة لهذا الحد معيارا، ويرمز إليها بحرف ش٠، وتبلغ جزءا من ألف مليار جزء من الوات في المتر المربع الواحد. ويبلغ مقدار

تأرجح جدار طبلة الأذن بتأثير هذا الحد الأدنى من الصوت نحو قطر ذرة هيدروجين واحدة، وفي ذلك ما يكفي للتدليل على المعجزة التي تمثلها الأذن البشرية...

أما الحد التمييزي النسبي في شدة الصوت (ش١ – ش٢ /ش مربعة)، فهو ثابت على وجه التقريب (نحو ٠،١٥ إلى ٠،٢٠) بالنسبة إلى درجات الشدة والتردد المتوسطة. وهو يعني أنه ينبغي أن تتغير شدة الصوت ما بين ١٥ إلى ٢٠ بالمائة كي تستطيع الأذن البشرية تمييز التغير. وهذا الثبات في الحد التمييزي النسبي، الذي يزكي قانون Weber-Frechner (الذي ينص على أن الإحساس يتناسب تناسبا لوغاريتميا مع قوة التنبيه)، أتاح إقامة السلم اللوغاريتمي للأصوات. وهكذا فإذا كانت الشدة أقوى بعشر مرات من هذا الحد الأدنى، فإننا نقول إن مستوى الشدة هو ١ بل أو ١٠ دسيبل؛ فإذا كانت أقوى بمليون مرة، قلنا إن شدته ٦٠ دسيبل، وهو ما يقابل على وجه التقريب شدة محاورة عادية.

ويبقى السؤال الأساس هو كيف يرتبط المنبه الفيزيائي إحصائيا بالإحساس من جهة وبالانزعاج من جهة ثانية. وتقوم المقاربة الأكثر استعمالا في هذا المجال على فرض نوع من الموازنة على الطيف الصوتي قبل قياس مستوى الصوت. فكيف يا ترى جرى تحديد هذه الموازنات؟ إنها ثمرة لعدد كبير من التجارب في ميدان علم النفس الصوتي، مكنت العلماء من رسم منحنيات تتميز بقدر واحد من الإحساس isosoniques (وهي صالحة للأصوات الصافية فقط، انظر الشكل ١). وتقابل إشارات ضعيفة ومتوسطة وقوية مستوياتها على التوالي ٤٠ و٧٠ و١٠٠ دسيبل، برموز هي على التوالي (أ) و(ب) و(ج.) ويستعمل التشريع على وجه الخصوص الموازنة (أ)، لأنها أقرب إلى الارتباط بالإزعاج الذي يجده الشخص من الصوت. وتبين المنحنيات الصوتية أن الأذن تكون أقل إحساسا بالضجيج متى كان تردد الصوت أقل من ٣٠٠ هرتز، مما يبين أن الأذن لاقط غير خطي.



شبكة من المنحنيات المقابلة لإحساسات متساويى بالصوت، أنجزها Munson و Flechter

الحدة هي الترجمة الحسية للشدة الصوتية، وهي رهينة أساسا بالمستوى الصوتي وطيف الصوت ومدته، ولكن كذلك بما يحصل غالبا في محيطنا من وجود مصادر أخرى للضجيج تخلق حاجزا جزئيا يعكس الصوت ويشتته.

لقد كان تعريف وحدة قوة الصوت موضوعا لإجراءات معيارية موحدة (ISO ٥٣٢ أ وب) حددها Zwicker و Stevens. وتهم تلك الإجراءات على وجه الخصوص الأصوات المستقرة، وهي تتغير تبعا لوجود حواجز أو عدم وجودها. أما في حالة الأصوات غير المستقرة، فقد اقترح الباحثان وسائل قياس أخرى تأخذ في الحسبان الخصائص الزمنية. فلكي يكون الصوت مسموعا، ينبغي أن تكون

مدته أطول من المدة التي تحتاجها الأذن لاستيعابه. والحال أن زمن الاستيعاب هذا يتراوح بين ٢٥ و ٢٥٠ جزء من الألف من الثانية، تبعا لعوامل يصعب حصرها وتحديدها بدقة. لذلك اتفق الباحثون على اتخاذ زمن ١٢٥ جزء من الألف من الثانية زمنا معياريا.

المدة/ مدة التعرض للصوت

فيما قبل لم يكن الباحثون يأخذون بعين الاعتبار سوى كون الوسط صاخبا أو صامتا، بغض النظر عن عامل المدة الزمنية، الذي لم يدخل في الحسبان إلا مؤخرا. فتحديد ديناميكية الصوت (أي المدى الأقصى لتغير المستوى الصوتي في مدة زمنية معينة)، شيء يصعب إدماجه في مقياس دسيبيل (أ)، علما أن درجة الانزعاج رهينة بهذه الديناميكية. فلأجل قياس مستوى الإزعاج الذي تسببه حركة السير، أدخلوا معيارا جديدا في السبعينات من القرن الماضي هو ما يعرف باسم Leq، أو "المستوى المعادل". وهو يقوم على معدل الشدة الصوتية المسجلة خلال مدة زمنية معينة.

غير أن هذا المعيار لا يصلح لشيء متى كان الصوت من نوع نبضي أو كانت الوضعية الصوتية تتميز بوجود أنواع مختلفة من مصادر الضجيج، مثل صوت طائرة مختلطا بأصوات السيارات مثلا.

وقد اقترح الباحثون طرائق عدة بعضها أكثر تعقيدا وتطورا من بعض، لقياس الإزعاج أو الضرر الذي من الممكن أن يتسبب فيه ضجيج معين. ويعدد P. Lienard من تلك الطرائق والوسائل أكثر من ستين طريقة ووسيلة، مما يشهد بأنْ لا واحدة منها أوفت بالمراد. ونذكر واحدة من أحدثها مولدا، وهي الطريقة المعروفة باسم LLSEL، التي تدخل في حسبانها زمن استيعاب الأذن للضجيج، مع استعمال مصفاة ديناميكية تتغير بتغير الشدة والتردد، في حين تعتمد الوسائل "الموحدة" على مصفاة تتغير فقط بتغير التردد (الموازنة أ). والنتائج المحصل

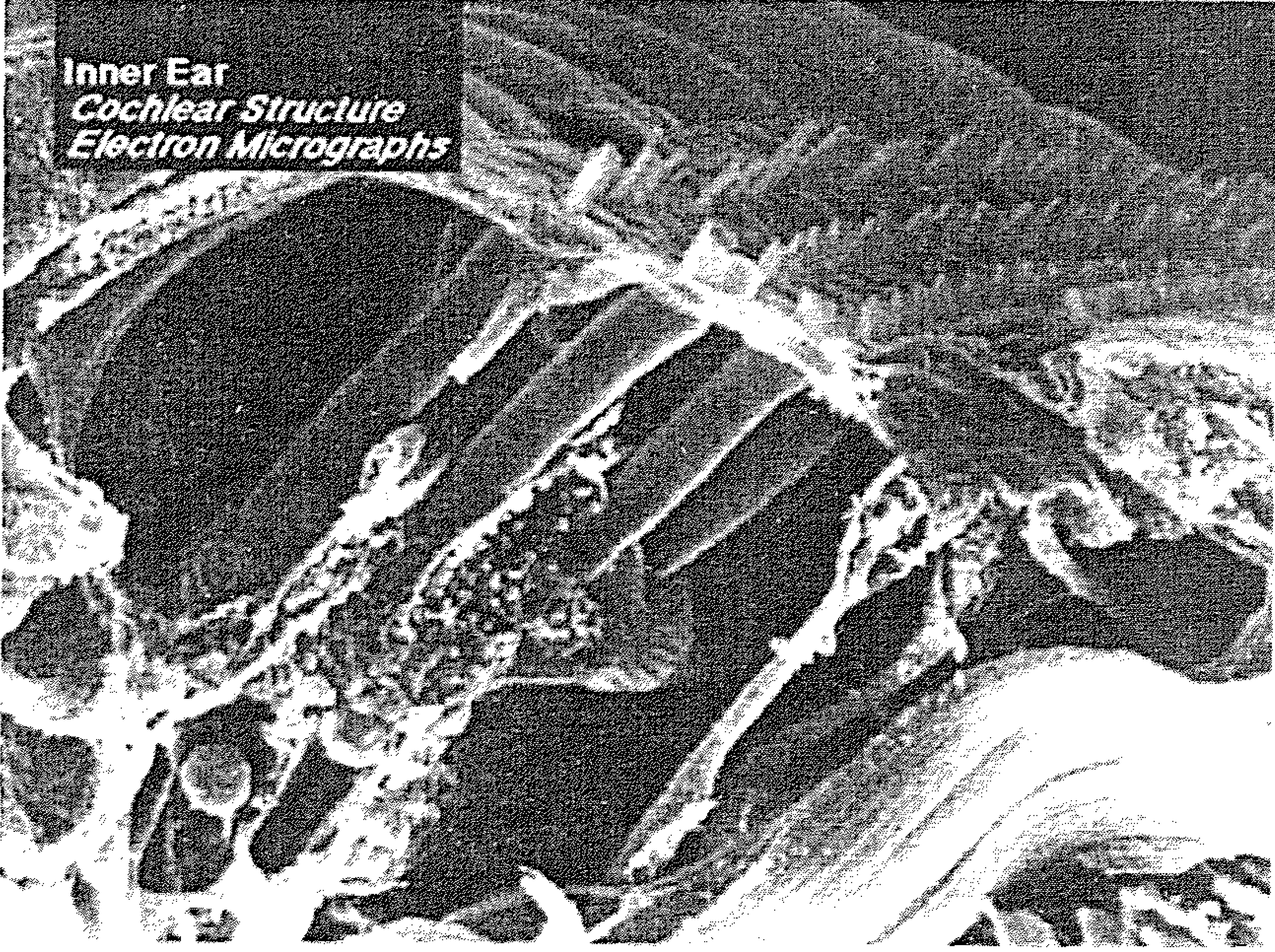
عليها انطلاقا من مصادر عديدة للضجيج (صوت حركة السير وصوت القطار والطائرة، علاوة على أصوات أربعة أسلحة نارية مختلفة)، تبدو مشجعة، بحكم أن التقديرات الناتجة عنها مقنعة أكثر من تلك التي تفضي إليها الوسائل القائمة على ISO ٥٣٢.

طريقة اشتغال الأذن وآليات الإحساس الصوتي

نذكر هنا باختصار شديد بالخطوط العريضة لآلية اشتغال الأذن، علما أن السمع ليس هو الوظيفة الوحيدة التي تضطلع بها الأذن، إذ إن لها كذلك، بين وظائف أخرى، دورا في الحفاظ على التوازن.

ما من ظاهرة من الظواهر الفيزيائية (ارتجاج طبلة الأذن الذي جرى عليه الحديث آنفا)، والفسيولوجية (تحويل الارتجاج إلى سائل عصبي يسري عبر العصب السمعي)، والنفسية (الإحساس السمعي)، إلا وتقابلها منظومة تشريحية مختلفة وخاصة. وللقارئ الراغب في معرفة المزيد عن هذا الموضوع أن ينظر ذلك في الكتب المختصة. غير أنه لا بأس من نظرة سريعة في مجموع هذه الآليات، تعين في فهم العلاقة بين المحفز والإحساس فهما أمثل.

حين يبلغ الصوت الأذن، ترتج الطبلة تحت تأثير الضغط الصوتي، فتنتقل الذبذبات الناجمة عن ذلك عبر سلسلة العُظيمات إلى النافذة البيضوية، التي تنقلها بدورها إلى السائل التجويفي الموجود في التجويف الحلزوني، الذي يحفز عضو Corti، إذ يهيج الخلايا ذوات الأهداب، فتنقل هذه الأخيرة الإشارة إلى ألياف العصب البصري، التي تنقلها إلى المراكز العصبية في الدماغ (انظر الشكل ٢).



صورة بالمجهر الإليكتروني لعضو Corti

إن في الطريق التي تقطعها الطاقة الصوتية منتقلة عبر أوساط مختلفة من الهواء إلى الوسط السائل مرورا بالوسط الصلب، ما يبين كيف "تتغير" المعلومة "ميكانيكيا" وهي تنتقل من الأذن الخارجية إلى الأذن الداخلية.

أما في داخل الدماغ، فإن نظرية المراكز العصبية المحددة التي تضطلع كل منها بوظيفة معينة قد تجووزت وعدا عليها الزمن. فقد بينت التجارب الحديثة أن الدماغ يقوم بمعالجة المعلومات التي يتلقاها معالجة فائقة السرعة، وذلك عبر أنظمة شبكية تتوزع في جميع مناطقه والحق أن عمل الدماغ هو من التعقيد بحيث إننا حتى اليوم نجهل من خفاياه ودقائقه أكثر بكثير مما نعرفه. لكن إذا كانت الأبحاث والدراسات التي أجريت بهدف فهم آليات السمعية السمعية لم تفض إلى نتائج مُرضية، فإنها أتاحت الاطلاع على أهمية الأنواع المختلفة من الذاكرة السمعية في

تأويل الأصوات. وتبقى كثير من الأسئلة معلقة فيما يخص اشتغال الأذن وباقي آليات الإحساس السمعي، وبخاصة ما يحصل من تداخل مع باقي الوظائف الحسية (من بصر وشم وحاسة توازن).

الضجيج بما هو مصدر إزعاج يشار إليه بإصبع الاتهام

رأى الإنسان منذ القدم في الضجيج مصدرا للإزعاج، والناس لا تفتأ اليوم تجأر بالشكوى من الضجيج، وبخاصة في داخل المجالات الحضرية. وقد بينت التحقيقات العديدة التي أجريت في هذا المجال، أن أكثر من نصف الأسر المقيمة في المدن تشكو من الضجيج وترى فيه عنصرا من العناصر التي تنغص عليها حياتها (انظر تحقيق المعهد الوطني الفرنسي للإحصائيات والدراسات الاقتصادية، يناير ١٩٩٦)

علاوة على ذلك، ينبغي ألا نغفل المظاهر المحلية لاحتجاج الناس ضد الضجيج، من قبيل ما نلاحظه مثلا في الضاحية الباريسية في مواجهة ضجيج الشارع الدائري ومطار رواسي شارل ديغول وغيرها، مما يدل على أن هناك وعيا جماعيا متزايدا بالمسائل البيئية.

يأتي ضجيج حركة السير على رأس مصادر الإزعاج بالنسبة إلى الساكنة، تليه باقي أنواع الضجيج التي تسببها الأنشطة الحياتية المختلفة.

كثيرا ما يجري الربط بين مفهومي الإزعاج والضرر. لكن مسألة الإزعاج الذي يتسبب فيه الضجيج لم تلق نصيبها من الاهتمام والمعالجة. والحق أن تقدير هذه المسألة لا يزال، رغم كل الأدوات العلمية المتوفرة، أمرا عسيرا، إن لم نقل إنه مستحيل، نظرا للعوامل العديدة – من فردية وجماعية – التي ينبغي إدخالها في الحسبان (من مستوى اجتماعي وانتماء ثقافي وحالة صحية ونفسية وغير ذلك). فالانزعاج إحساس شخصي، وهو قد يصبح ضارا متى بلغ مستوى الصوت ٨٥

دسيبل فما فوق. أما فيما دون ذلك، فإن آراء المختصين تتضارب. فعند مستوى ٦٥ دسيبل، يكون هناك شعور بالانزعاج لكن دونما كبير خطر على الصحة. ويتضح من هذا أن الانزعاج ليس رهينا بارتفاع الصوت وحده، كما قد توحي بذلك قراءة بسيطة في النصوص القانونية.

على المستوى النوعي، ينبغي التمييز بين الانزعاج المعبر عنه بالشكوى وذاك الذي يعبر عن نفسه في العادة بارتفاع استهلاك الأدوية المضادة للأرق والإجهاد العصبي، وعزوف الناس عن استعمال فضاءات خارجية ملحقة ببيوتهم، هربا من الضجيج الذي صار يملأ تلك الفضاءات، واعتيادهم على إغلاق نوافذهم عند ابتغاء النوم مهما كان الفصل من السنة. ومعنى ذلك أن كل تقدير الإزعاج ينبغي أن يدخل في حسبانه هذه الأنواع المختلفة من السلوك.

النصوص القانونية

ينبغي للدولة أن تحدد، بواسطة القانون والنصوص التطبيقية، الخطوط العريضة للسياسة التي يجب اتباعها في التعامل مع الضجيج، وذلك في تلاؤم مع التوجيهات الأوربية في هذا المجال.

وسنركز فيما يلي على ميدانين هما ميدان التعمير والبناء، وميدان النقل الطرقي. ولا يعني هذا أن باقي أنواع الضجيج - مثل ما يصدر منه عن القطارات والطائرات والأنشطة الصناعية وغيرها - تعد هينة لا يعتني القانون بها.

التعمير والبناء

لقد بدأ أصحاب القرار السياسي رويدا يتبينون العلاقة القائمة ما بين سياسة إعداد التراب الوطني ومسألة التحكم في الضجيج، عكس ما كان عليه الأمر في

الستينات من القرن الماضي، حين كان قطاع البناء والتعمير يتجاهل هذه المسألة تجاهلا تاما. فالقوانين المرعية اليوم في هذا المجال تضع حدودا قصوى لمبلغ الضجيج المسموح به، هي ٦٠ دسيبل في النهار و٥٥ في الليل. وكل دراسة صوتية لمواقع البناء ينبغي أن تأخذ في حسبانها محيط الموقع والأماكن التي ستترك خالية، دون إغفال مصادر الضجيج القائم منها والمحتمل. أما حين يكون المراد إقامة تجهيزات كبرى، من قبيل خط سكة حديد أو طريق سيار أو مطار أو ما جرى مجرى ذلك، فإن الواجب يقتضي استشارة السكان أيضا. وهناك اليوم آليات لاستشارة السكان، لكنها ما زالت حديثة العهد، مما لا يسمح بعد بتقييم فعاليتها تقييما سليما.

النقل الطرقي

يتبين من الدراسات الحديثة (مثل دراسة النائب البرلماني Bernard Serrou المنجزة عام ١٩٩٥)، أن نحو سبعة ملايين من الفرنسيين يعيشون في وسط يبلغ الضجيج فيه ٦٥ دسيبل. ويستند هذا الرقم التقديري إلى المعلومات المستقاة مما يعرف باسم "النقط السوداء" الطرقية والسككية. غير أن هذه "النقط السوداء" توجد في خارج المجال الحضري، مما يعني أن تلك التقديرات تغفل ضجيج حركة السير داخل المدن، علما أن ذلك الضجيج يمس ساكنة حضرية مهمة.

وتنصب الجهود الرامية إلى الحد من أضرار الضجيج على ثلاثة محاور، هي الحد من الضجيج من مصادره ذاتها، ومعالجة مشكل احتكاك العجلات بإسفلت الطريق، وأخيرا التحكم في حركة السير. غير أن انعدام التنسيق بين القرارات التي يجري اتخاذها، لا يهيئ السبل لوسط ذي نوعية صوتية جيدة على المدى الطويل.

فينبغي ألا ننسى أن التطور السلبي لحركة السير (فقد تضاعفت حركة الفرنسيين مثلا أربع مرات على مدى ثلاثين عاما)، وكذا زيادة كثافتها مع مرور الزمن، يجعلان كثيرا من الجهود التي يبذلها اختصاصيو البناء في تفادي الضجيج

تذهب سدى. ورغم أن تحديد مستويات الضجيج المقبولة بالنسبة إلى كل نوع من السيارات يتحكم فيه قانون أوربي تجري مراجعته كل عام – وهو ما أتاح تخفيض ذلك الضجيج ما بين ١٩٧٠ و١٩٩٥ بنحو ٨ دسيبل بالنسبة إلى السيارات الخفيفة و١١ بالنسبة إلى الشاحنات الثقيلة – إلا أن ذلك لم يترجم بانخفاض في درجة الضجيج في المدن. وغني عن البيان أن للسيارة الكهربائية في هذا المجال فضائل لا تنكر، غير أن استعمال مثل هذه السيارات على نطاق واسع يبقى رهينا بما يتحقق من تقدم في مجال البطاريات والطاقة الكهربية، وبموقف السلطات العمومية التي يمكنها أن تدفع بالأمور في هذا الاتجاه عبر إصدار القوانين المناسبة.

حين تجاوز سيارة ما سرعة ٦٠ كم في الساعة، فإن أغلب الضجيج المنبعث منها يكون ناجما عن احتكاك الإطارات المطاطية لعجلاتها بإسفلت الطريق، وهو ما من شأنه أن يسبب إزعاجا، وبخاصة أثناء الليل. ورغم أنه ليس هنالك من قانون ينظم شأن هذا النوع من الضجيج، إلا أن المختصين ماضون في أبحاث مستمرة تتوخى التخفيض منه، سواء على مستوى الإطار المطاطي ذاته (من مادة ونقش وأبعاد) أو على مستوى بلاط الطريق (من دراسة لحجم الحبيبات المكونة للإسفلت ولخصائص امتصاص الصوت ودرجة المسامية)، وهم يطمحون إلى ربح ٥ إلى ٦ دسيبل بفضل تلك الأبحاث.

وأما التحكم في حركة السير، فيقوم بالأساس على إجراءات تتحكم في الصبيب (عدد السيارات المارة في كل ساعة)، وفي نوع السيارات (نسبة الشاحنات الثقيلة)، وفي السرعة والانسيابية. ولئن كان نجاح مثل هذه الإجراءات رهينا بعوامل عديدة (على رأسها السلوك البشري)، فإن بعضها قد أثبت نجاعته وفعاليته في الحد من الضجيج، ونذكر من بينها تقسيم وسط المدينة إلى مناطق مختلفة (مثال مدينة ستراسبورغ الفرنسية)، وتشجيع الناس على استعمال السيارات الكهربائية، وفرض الأداء على السيارات المارة من بعض المناطق الحضرية، وكذا تطوير النقل العمومي.

على المستوى الأوروبي، فإن القوانين الخاصة بضبط مستوى الضجيج كثيرة، وآخر ما هو مطروح منها اليوم للتفكير قانون يعتني بالمحيط، من المنتظر منه أن يغير تماما من شكل المحيط الصوتي في مدننا، وذلك عبر آليات كثيرة منها اعتماد أنواع جديدة من المؤشرات، ووضع خرائط للضجيج، وتوفير المعلومات للناس وتوعيتهم بالمسألة، وإقامة مراصد وطنية ومحلية.

خاتمة

إذا كان الضجيج تجليا من تجليات الحياة، فإنه يشكل كذلك مصدرا من مصادر الإزعاج في الدول المتقدمة. فأكثر من ربع سكان أوربا معرضون لمستويات من الضجيج تفوق ٦٠ دسيبل. فهل يجوز السكوت عن هذا الوضع والقبول به، حتى وإن لم تأت الدراسات الوبائية حتى اليوم بما يثبت ضرره الفعلي على السكان الضعفاء من شيوخ وأطفال رضع؟

لقد اختارت السلطات العمومية التقنين سبيلا للحد من آفة الضجيج، غير أن النصوص لا تكون فعالة إلا إذا دعمها وعضدها التطبيق، وهو ما لا يزال حتى اليوم أبعد ما يكون عن التحقق. وطبيعي أن المقاربات الكمية تبقى أكثر جاذبية مما عداها، كما يتبين من القانون الأوربي المنتظر حول المحيط الصوتي. أما المقاربة الكيفية، فلا يزال أمرها غير وارد بعد في خطاب المسئولين العموميين وأصحاب القرار. وهناك مواقع نموذجية تجرى فيها تجارب في إسبانيا وألمانيا وفرنسا، من بين مراميها إدماج أهداف تتعلق بالنوعية الصوتية في إنشاء – أو إعادة تأهيل – الفضاءات العمومية. غير أنه يتعين على كل منا علاوة على ذلك، العمل على التحكم في الضجيج الذي نصدره، وذلك عبر التزام سلوك مسئول، وكذا بالحرص على استعمال منتجات ذات صفات صوتية محددة ومقبولة.

في السياق الحالي، سياق "الحركية المستدامة"، فإن الضجيج المزعج جزء لا يتجزأ من أهداف التفكير القائم حول أخطار الحضارة، مثله في ذلك مثـل نفايـات السيارات وحالات اختناق الطرق في المناطق الحضرية ومسائل استهلاك الطاقـة والتلوث الجوي. وإن من شأن إرادة سياسية حازمة وتربية سلوكية لدى الأفراد، أن تعينا على إعداد محيط صوتي ملائم للأجيال القادمة.

مراجع

- ARIEL (A.), BARDE (J.-Ph.), *Le temps du bruit*, Paris, Flammarion, 1973.
- MAC ADAMS (S.), BIGAND (E.), *Penser les sons — psychologie cognitive de l'audition*, Paris, PUF, 1994.
- AMPHOUX (P.), *L'identité sonore des villes européennes* (2 tomes), Grenoble, CRESSON – IREC, 1993.
- BEAUMONT (J.), BARLET (A.), LOUWERSE (Ch.), SEMIDOR (C.), *Characterization of Urban Areas Acoustical Comfort*, ICA Seattle, 1998.
- LIENARD (P.), *Décibels et indices du bruit*, Paris, Masson, 1978.
- ZWICKER (E.) et FELDTKELLER (R.), *Psychoacoustique : l'oreille récepteur d'information*, Paris, Masson, 1981.
- SCHOMER (P.), CHOMER (Y.) SUZUKI (F.) et SAITO (F.), « A comparaison between the use of loudness level weighting and loudness measures to assess environmental noise from combined sources », *Internoise*, 2000.
- DUBOIS (D.), « Categories as acts of meaning : the case of categories in olfaction and audition », *Cognitive Science Quarterly*, 2000, p. 35-68.
- SCHULTE-FORTKAMP (B.), « Exploring the impact of soundscapes on noise annoyance », *Internoise*, 2000, p. 2269-2272.
- GRIBENSKI (A.), *L'audition*, Paris, PUF, coll. Que sais je.

الكيمياء الملوِّثة والكيمياء غير الملوثة والكيمياء المزيلة للتلوث(٦)

بقلم چي أوريسون
Guy OURISSON

الحق أنه كان يجمل بي أن أقترح عنوانا لمداخلتي: "الكيمياء السوداء والكيمياء الحمراء والكيمياء البيضاء والكيمياء الخضراء"، وذاك ما سأفعله وأنا أعالج هذا الموضوع.

ها قد شارفت نهاية عمر مديد قضيته كله في عالم الكيمياء، ولعمري إني به لفخور. لقد قضيت أمام طفولتي كلها في مصنع للمواد الكيماوية في منطقة Thann جنوب الألزاس، حيث كنت وأترابي نلعب طيلة اليوم في المصنع، قافزين من مشغل إلى آخر، غير عابئين بروائح الكلور والحمض الكلوريدي وأنهيدرات الكبريت، واجدين في الأعمدة الغليظة العتيقة القائمة في أركان الحجرات الرصاصية (التي أقيمت بمساعدة السيد Gay-Lussac) خير مكان لممارسة لعبة الاختباء. وحين تم انتخابي رئيسا لأكاديمية العلوم، نشرت مجلة Marianne خبرا صغيرا مفاده أن هذا الانتخاب لم يعجب الكثيرين في ديوان Mme Voynet، لأنني في رأيهم لا أعدو أن أكون "محاربا مهووسا بالكيمياء". وقد حملت هذا الكلام على محمل المدح، رغم كوني أعلم أنني أقرب إلى مواقف المدافعين عن البيئة مما يظنون.

ومهما يكن من أمر، فها أنتم أولاء منذَرون، إذ إن من سيحدثكم اليوم ما هو إلا "محارب مهووس بالكيمياء"...

---

(٦) نص المحاضرة رقم ٢٩٢ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٨ أكتوبر ٢٠٠٠.

لقد أتى على الكيمياء زمن كانت فيه سوداء، ثم صارت حمراء... كانت سوداء لأنها كانت ملوثة؛ وإني لأذكر الرسوم التي كانت تصور مصنع Thann المذكور، والتي كانت تجتهد في إقامة الدليل على ازدهار المصنع، والدليل بطبيعة الحال هو سحب الدخان الكثيفة المنبعثة من مداخنه. وليس هذا إلا غيضا من فيض، إذ إن المصانع الكيميائية ليست هي وحدها التي كانت ترى في سحب الدخان علامة نشاط وازدهار. ولنلاحظ بهذا الصدد أن الدخان لم يكن يتصاعد من مشاغل الإنتاج، بل من الأماكن التي يحرق فيها الفحم. وهو الدخان نفسه الذي كان يملأ أجواء مدننا، يوم كان أهل كل بيت يقتنون كميات من الفحم يحرقونها في مداخن بيوتهم التماسا للدفء. والذين لم يقضوا من بينكم أياما يفرغون فيها موقد البيت من الرماد كي يملئوه فحما، ولم يروا سماء لندن وقد اكتست لونا أصفر من جراء الدخان المنبعث من المداخن المنزلية، هؤلاء لا يعرفون ما التلوث الجوي فعلا...

في المنزل الذي كنا نسكنه في داخل مصنع Thann، لم يكن هناك من فائدة في تنظيف ستائر النوافذ، إذ كانت تمضي عند الغسل مزقا، فكانوا يكتفون بأن يستبدلوا بها كل عام ستائر جديدة. وقل الشيء نفسه في الشجيرات التي كانت تزين جوانب المعمل، إذ لم يكن هناك ماص من تغييرها كل عام وغرس أخرى جديدة مكانها...

كان المعمل معملا أسود...

في ذلك الزمن، قبل الحرب الكونية، لم يكن من الممكن قياس نسبة تلوث الجو، اللهم إلا ما جاوز منها ما يستطيع الأنف تمييزه. فانبعاث رائحة قوية من ثاني أكسيد الكبريت كان يعني أن الريح قد مالت إلى الغرب وأن هناك تسربا في مكان وجود هذه المادة في المصنع، وانبعاث رائحة قوية من الكلور كان يعني أن الريح قد مالت إلى الشرق وأن هناك تسربا في مكان وجود هذه المادة. وفي الحالات جميعها كان يكفي الاتصال هاتفيا برئيس العمال، الذي يتولى عندها

الاهتمام بحل المشكلة. غير أنه لا أحد كان يجد في العمل في ذلك المعمل ولا في إقامتنا نحن فيه ما يستوجب قلقا على الصحة ولا ما يوحي بخطر.

ولست لأعني بهذا أن الوضع كان وضعا مثاليا، بل العكس هو الصحيح. ما أود قوله هو أن الزمن قد تغير تغيرا كبيرا. فالصور المأخوذة اليوم لمصنع Thann أو لغيره من المصانع الكيماوية، لا تُظهر للدخان الأسود أثرا، بل كل ما نراه فيها بضع سحابات بيضاء من بخار الماء، لعل لها تأثيرا في المناخ المحلي، رغم أننا نظن أن مثل هذا القول ينطوي على شيء من الزهو لسنا نرى له مسوغا نظرا إلى تفاهة ما بأيدينا من وسائل مقارنة مع عظمة الطبيعة وتعقيدها...

كان للكيمياء كذلك وجه أسود آخر، لكنه كان خفيا، وسأحاول أن أشرحه هو أيضا بالاعتماد على مثال معمل Thann المذكور. فقد أتى على هذا المعمل زمن كان ينفرد فيه من بين المعامل الفرنسية الأخرى بكونه ينتج البوتاس (أو الأشنان) والكلور بواسطة التحليل الكهربائي انطلاقا من الكلوريد والبوتاسيوم المستخرجين من مناجم الألزاس القريبة. وكانوا يجرون عملية التحليل تلك بواسطة أقطاب من الزئبق، وذلك في زمن كان فيه طلبة الكيمياء في جامعة السربون الباريسية مطالَبين بتفسير كيف أن تلك العملية الممكن تطبيقها على كلوريد الصوديوم، غير قابلة نظريا للتطبيق على كلوريد البوتاسيوم. لقد كان معمل Thann ينتج البوتاس والكلور، غير أنه كان كذلك يستهلك الزئبق، علما أن المفروض في هذا المعدن السام ألا يغادر المعمل، وأن لا يوجد منه أثر في الكلور ولا في البوتاس المنتجين، ناهيك عن أن غلاء ثمنه كان كافيا لجعل المالكين يحرصون أشد الحرص على ألا يضيع منه شيء. ورغم ذلك كله، فقد كانت تضيع منه بضعة كيلوغرامات في كل عام...

لم يتوفر للباحثين سوى بعد أن وضعت الحرب الكونية الثانية أوزارها، ما يكفي من الوسائل لاكتشاف أن هناك كميات كبيرة من الزئبق في المواد المترسبة في نهر "ثور" الصغير الذي يجري قرب المصنع. فلما اكتشف ذلك الأمر، أضحى

من الممكن سد المنافذ التي كان يتسرب منها الزئبق، وتنظيف مجرى النهر من بقاياه، ووضع سياسة إنتاجية "نظيفة" استحق عليها معمل Thann واحدة من أوائل الجوائز الوطنية في مجال الحفاظ على البيئة.

وليس هذا إلا مثالا واحدا من بين عدة أمثلة. فالقاعدة التي تطبقها المصانع جميعا تقتضي ألا يخرج من المصنع، فيما عدا المنتجات الموجهة إلى البيع، سوى ماء نقي ونتروجين وأكسجين ومواد خامدة يمكن إعادة استعمالها في البناء أو في الأشغال العمومية... ولست أقول إن هذا هو ما يحصل بالفعل، لكني أقول إن كل انحراف عن هذه القاعدة يعد في العرف عيبا وخللا يتعين العمل على إصلاحه. كما أني لست أقول إنه ما من انحراف عنها إلا وهو منطو على خطر. فسكان المنطقة الواقعة بين مصنعنا وبين مصب نهر "ثور" لا شك قد ابتلعوا مع الماء الذي شربوه منه شيئا من الزئبق، لكني لست أخال ما ابتلعوه منه يعادل ما امتصوه من الحشوات المعدنية التي كان يحشو بها الأطباء أسنانهم المثقوبة...

لكن أليست الكيمياء حمراء كذلك؟ ألم تنجم عنها كوارث عديدة؟ أليس في السكن قرب المجمعات الكيماوية خطرا على الساكنين؟ أليست أسماء مثل "سيفيسو" الإيطالية و"بوبال" الهندية أسماء لكوارث كبرى؟

"بوبال" على الخصوص... آلاف من الضحايا، في كارثة ما كانت ممكنة الحدوث لو أن ذلك الفرع الهندي احترم معايير السلامة المعمول بها في المعمل الأمريكي الأم، والسبب جشع الناس الذي لا شيء يشبعه... وزاد الطين بلة أن قرية "بوبال" القصديرية كانت تحيط بالمعمل إحاطة السوار بالمعصم، مما ضاعف من عدد الضحايا. وانقلبت المأساة مهزلة حين تقاطر المحامون على الضحايا الأحياء يحثونهم على أقامة دعاوى قضائية للحصول على تعويضات يذهب نصفها إلى المحامي...

وماذا عن "سفينسو" في إيطاليا، البلد الذي لا وجود فيه لمدن القصدير؟ لقد قرأنا جميعا ما كتبته جريدة Le Monde عن آلاف من ضحايا تلك الكارثة. ولنذكر بما حدث يومها علَّ الذكرى تنفع... فقد أدى انفجار وقع بالليل إلى انتشار سحابة من بخار الماء والصودا الكاوية والفينول الحر ونظيره المتحد مع الكلور، وهي كله مواد مهيجة إلى أقصى حد، تحتوي على مقادير قابلة للقياس وكبيرة جدا من الكلوروديوكسين، ومنها على الخصوص مادة الديوكسين الشهيرة. وقد ضربت هذه السحابة المواشي التي وجدتها في الحظائر والحقول الواقعة في طريقها فقتلتها جميعا. أما البشر، فقد سببت لهم مادة الديوكسين ما يعرف ببثور الكلور، وهي بثور مزعجة يزيدها إزعاجا أنها لا تشفى كليا بل كثيرا ما تعاود الظهور ولو بعد زمن. وقد جرى ترحيل السكان من منازلهم التي سارعت السلطات إلى هدمها، فيما جرى قتل ما بقي من مواشي المنطقة وإحراق جثثها، وأُخذت القشرة العليا من أرض المكان إلى محارق خاصة حيث جرى التخلص منها، كما نشأت حركة تهريب لتخرج من المكان عينات غير مسموح بخروجها وتبيعها لمختبرات غير مرخصة، لها في ذلك مآرب شتى. والحصيلة أن الكارثة انجلت هي أيضا عن عدد من الأحداث فيها الكثير من الفضائح. وماذا عن الضحايا من البشر؟ الحق أنه لم يقع هناك من ضحايا مباشرين، اللهم إلا مدير المصنع الذي لقي حتفه بضع سنوات بعد ذلك اغتيالا أثناء "سنوات الرصاص" الإيطالية. لكن دراسات وبائية جادة تحدثت فيما بعد عن حالات السرطان عند السكان الذين تعرضوا لمفعول سحابة "سيفيسو". وقد نشرت نتائج الدراسة، وهي لا تثبت أي زيادة في نعدل الإصابات في تلك المنطقة مقارنة بباقي مناطق البلاد؛ بل إن نسبة سرطان الثدي قد انخفضت على مدى عشرين سنة عند السكان الأكثر تعرضا لمفعول تلك السحابة. ولئن كان لا جدال في أن "سيفيسو" كارثة ما كان ينبغي لها أن تقع، وأنها قد مثلت رجة كبرى هزت الناس هزا وقلبت حياتهم رأسا على عقب، فإنه سيكون من المبالغ فيه أن نعدها كارثة بالمعنى الصحيح من الكلمة، وإلا لزمنا أن نبحث عن اسم للكوارث الحقيقية الأخرى التي يشهدها العالم كل أسبوع.

هناك بالطبع حالات أخرى يمكن فيها لصناعة مثل صناعة الكيمياء أن تكون "حمراء"، ونعني حين تكون مصدر خطر يهدد العاملين فيها. ولدينا في فرنسا مصدر ثمين للمعلومات فيما تعلق بهذا الشأن، بفضل ما يقوم به الصندوق الوطني للضمان المرضي المهني من إحصاءات سنوية تهم كل فروع النشاط الصناعي. ويتضح من تلك الإحصاءات أن ميدان الصناعة الكيماوية مثلا شهد في عام ١٩٥٥ واحدة وخمسين حادثة شغل مع التوقف عن العمل عن كل مليون ساعة عمل، وهو رقم نزل في عام ١٩٩١ إلى حدود ١٦ حادثة عن كل مليون ساعة عمل، وهو اليوم ١٢ فقط، أي عددا من الحوادث أقل مما يقع في قطاع النسيج مثلا، والأقل من بين نظائره في باقي فروع النشاط الصناعي. أما مؤشر الخطورة الذي يعنى بتسجيل حالات العجز النسبي أو المطلق، فإنه في قطاع الكيمياء أقل من نظائره في جميع فروع الصناعة بلا استثناء. وللمقارنة نقول إن نسبة الحوادث في قطاع البناء نزلت خلال الفترة نفسها من ٩٤ إلى ٦٠ حادثة عن كل مليون ساعة عمل، أي أعلى بخمس مرات من نظيرتها في قطاع الكيمياء. وإذا قادتك قدماك يوما إلى ورش بناء، فانظر كم ستجد من الرؤوس بلا خوذات حامية، ومن الأيادي بلا قفازات واقية... والخلاصة أن الكيمياء ليست صناعة "حمراء" بالنسبة إلى المشتغلين فيها، وإن يكن الفضل في ذلك راجعا إلى عزيمة أهل الميدان واجتهادهم في هذا الاتجاه.

وأود أن أنبه بهذه المناسبة إلى أن تدريس الكيمياء قد اتخذ أخيرا الوجهة التي كانت تنبغي له. فلطالما لقنني أساتذتي في الجامعة، أيام كنت طالبا، قصصا ونوادر عن الكوارث الكيماوية، لكن أحدا منهم لم يهتم يوما بإخباري عن كيفية تفادي تلك الوارث. وإني لأتمنى ألا أكون مخطئا حين أقول إنه لا يُتصور اليوم أن يدخل طالب إلى مختبر الكيمياء في مدرسته أو جامعته دون أن يكون مرتديا وزرة من القطن وواضعا على عينيه نظارتين للوقاية. كما أنني لا أذكر أني رأيت من زمن بعيد طالبا أو أستاذا يدخن داخل المختبر، علما أن هذا كان شيئا مألوفا منذ

ثلاثين سنة خلت، مع ما يمكن تصوره عند ذلك من حرائق ناجمة عن الأسيتون أو الأثير. وسأتحدث بعد قليل عن النتائج غير المرئية.

فإذا لم تكن الكيمياء سوداء ولا حمراء، فهل تكون خضراء؟

لا شك أن هذا المفهوم جديد، لكنه مقبول ومعمول به، حتى إن هناك مجلة تخصصت منذ سنتين في نشر الأبحاث التي تكتب في مجال الكيمياء التي تحترم البيئة، واسم المجلة بطبيعة الحال هو Green Chemistry، أي "الكيمياء الخضراء". والمبدأ فيها بسيط، يقوم على السؤالين التاليين: هل من الممكن أن نصنع مواد كيماوية نافعة بوسائل "وديعة" وطرائق "خضراء"، دون إضافة مواد تفاعلية ولا إنتاج مواد ثانوية ضارة، مع استهلاك أقل ما يمكن من الطاقة، واستعمال أقل ما يمكن من المواد غير المتجددة؟ ثم هل يمكن أن نستعيض عن المواد التي تخلف نفايات ضارة بعد الاستعمال فتصبح مصادر للتلوث، بمواد لا تترك بعد استعمالها من الأثر إلا طَيِّبا؟ وأما الجواب فهو في كل الحالات بنعم، لكنها نَعمٌ تليها تحفظات شتى وتعترضها عقبات: "نعم، لكن ذلك سيكون أكبر كلفة"، أو: "نعم، لكن ذلك سيكون أكثر صعوبة"، أو: "نعم، لكن الإنتاج ساعتها سينخفض كثيرا"... والحق أن هذا الأمر ليس بالجديد، فقد تعين منذ سنوات أن يستعاض عن المنظفات الأولى بمواد قابلة للتحلل في الطبيعة. ومبدأ "الكيمياء الخضراء" الذي يقوم على تقييم الإنتاج تقييما بيئيا، مبدأ حديث، يقود إلى تجديد الاهتمام بالوسائل التحفيزية، التي يكون فيها المحفز عادة غير مستهلك، بل ينحصر دوره في تسهيل التفاعل فلا يكون أبدا منفعلا به. وهي إذ تقضي باستبعاد الطرق السامة من مثل تلك التي تنتج مركبات الفسفور، وإيجاد بدائل لها، تتيح لنا أن نواصل إنتاج مواد مكثفة، من مثل الإسفنج الذي يملأ مقاعد سياراتنا، لكن دون أن ننتج معه مواد ضارة أو غير صالحة لشيء، ودون أن نضطر إلى استعمال مذيبات يصعب استرجاعها بعد الاستعمال. ولنتذكر من هذا الكلام على وجه الخصوص أن

الباحثين في هذا المجال يزدادون في كل يوم عددا وتصميما، غير أن هناك الكثير مما ينبغي تحقيقه قبل أن تصبح الكيمياء "خضراء" بالفعل.

فكثيرة هي التطبيقات التي تبدو في غاية البساطة، لكنها قد تستعصي على كل محاولة لإكسابها صفة الخضراء... وسأضرب في ذلك مثلا بسيطا. فمعامل التنظيف الجاف التي نعهد إليها بملابسنا تستعمل مذيبات تزيل بها الأوساخ. وحتى الخمسينات من القرن الماضي على الأقل، كان المذيب الأكثر استعمالا هو البنزين. وهم كانوا يعلمون أنه يمكن أن يسبب التسمم، وأنه سهل الاشتعال، لكن ذلك لم يمنعهم من استعماله لفعاليته ورخصِ ثمنه. ثم دار الزمن دورته فظهرت في الأسواق المذيبات المحتوية على الكلور، وهي غير قابلة للاشتعال، ثم إنها إلى رخص ثمنها طيارة لا تترك في الملابس رائحة كما كان البنزين يفعل. غير أن استرجاع تلك المواد، إذا كان ممكنا بنسبة ٩٩ بالمائة، فإنه بنسبة ١٠٠ بالمائة صعب شاق. والحل "الأخضر" في هذه الحالة يتمثل في استعمال أكسيد الكربون تحت ضغط عال، فهو مذيب جيد وغير سام ولا قابل للاشتعال، غير أن استعماله يتطلب أن تُستبدل بالآلات الحالية تجهيزاتٌ معقدة باهظة الثمن. وقل الشيء نفسه في الماء المضغوط الذي يبدو أنه أكثر "خضورة" من غاز أكسيد الكربون، رغم أني أشك في أن تكون ملابسنا الحالية قادرة على احتماله. ثم هل أنتم مستعدون لأن تؤدوا ثمنا أعلى بعشر مرات لقاء تنظيف ملابسكم؟

ذكرنا الأسود والأحمر والأخضر، فبقي لنا أن نذكر الكيمياء الوردية. وهي بالأساس الكيمياء التي تؤمن لنا الدواء. فبدون كيمياء لن يكون هناك وجود لأدوية فعالة، ولن أزيد على هذا شيئا. لكن الكيمياء الوردية هي أيضا الكيمياء التي تزيل التلوث. ونحن نستفيد من فضائلها كلما شربنا كأس ماء من شبكة التوزيع في المدينة. فليس هناك من مياه في الطبيعة تبقى شروبة لمدة طويلة، إذ ما إن يخرج الماء من العين حتى يصبح مرتعا ليرقات البعوض والعلق وحلزون الماء وبرغوث الماء وغيرها من الأجسام الدقيقة، التي لا يتحين بعضها سوى فرصة الدخول إلى

جسم شارب الماء كي يستحيل في جوفه وحشا مميتا. وحتى ما قبل الحرب الأخيرة، لم يكن من الممكن، في مناطق جنوب نهر لوار مثلا، شرب ماء الصنبور دون أن يغلى قبل ذلك على النار. وحتى اليوم لا تزال هذه الحال قائمة في كثير من دول العالم. فإذا كان ماؤنا شروبا، فإننا ندين بذلك إلى الكيمياء وحدها دون غيرها... ندين به للكيمياء التي تعرف كيف تصنع المصافي اللازمة، وللكلور الذي يعرف الكيميائيون كيف يضيفون منه إلى الماء كميات ضئيلة تنفع لكنها لا تضر، وللنتروجين التي يتيح معالجة المياه بطريقة أنظف وأكثر وداعة مما يفعل الكلور. حتى إذا شربنا الماء ثم قذفنا به من أجسامنا نفاية، عادت الكيمياء تساعدنا في معالجته بشكل يتيح طرحه في الطبيعة دون أن يترتب على ذلك كبير ضرر. وما مراكز تكرير المياه وتصفيتها، بمندفاتها وموادها المضافة ومراقباتها الكيميائية المتعددة ومعالجاتها المكروبية، إلا معامل كيميائية وردية حقيقية.

لن يكون حديثي مكتملا إن أنا لم أضف ذكر بعض الحقائق. فالجرائد غالبا ما تهول الأمر على الناس فتزرع فيهم الخوف من التلوث والتسمم وغيرهما من الأخطار التي تتربص بنا السبل، ولذلك أدعوكم إلى تذكر بعض الحقائق التي لا علاقة لها بكيميائي الملونة بألوان قوس قزح:

- فنحن اليوم نربح في كل سنة ثلاثة أشهر في معدل الحياة، أي سنة كل أربع سنوات، ويمكننا أن نتنبأ للفتيات اللواتي سيولدن في سنتنا هذه بأن نصفهن سيبلغن مائة سنة من العمر. وهذه كما ترون حقائق لا تتناسب والكلام الدائر عن عالم خطير نعيش اليوم فيه. ولا جدال في أن الحياة في بلداننا هي اليوم أقل خطورة مما كانت عليه بالأمس، وأنها ستصبح غدا أقل خطورة مما هي عليه اليوم، وهو ما ندين بجزء منه إلى الكيمياء.
- قد يمكن أن نتوقع، في سنة سوداء تقع فيها حادثة كيميائية خطيرة فعلا، نحوا من عشر ضحايا؛ لكننا نعد في فرنسا نحو عشرة آلاف حادثة وفاة مبكرة كل سنة بسبب حوادث السير وحدها...

- يعد التبغ وحده مسئولا عن خمسين إلى ستين ألف وفاة مبكرة كل سنة. وغني عن البيان أن السبب الرئيس في ذلك هو المواد الكيميائية التي تحتوي عليها لفافة التبغ. وتلك لعمري بما لا قياس معه أكبر خطايا الكيمياء الحديثة، وإليها يعود العدد الأكبر من ضحاياها...

تلك كيمياء حمراء...

حمراء بلون الدم...

غموض سياسات التنمية المستدامة(٧)

بقلم بيير لاسكوم
Pierre LASCOUMES

إن تركيز قضية التنمية المستدامة في نهاية الدورة علـى مسـألة "التلـوث وكيف نعالجه"، يدفع للاعتقاد بأن في ذاك الحلّ أو العلاجَ المطلق لكل الأضـرار البيئية. لقد تم إدراج مفهوم التنمية المستدامة كمفهوم أساس لكل سياسـات التهيئـة والحماية (البند الأول من البيان)، وذلك خلال المؤتمر الدولي المنعقد في ريـو دي جانيرو سنة ١٩٩٢. وهو ينص على ما يلي: "تهدف التنمية المستدامة إلى التلبيـة العادلة لمتطلبات التنمية والبيئة للأجيال الحاضرة والمستقبلية" (البند ٣). ويتضـمن النص مفاهيم المسؤولية والتضامن الوطني والدولي كمرجعيات مركزية للقـرارات السياسية.

لكن، وحتى أتمكن من إبراز مدى التباس الأمور، سأدمج مع النص المذكور نصا آخر (اخترته من بين آخرين). ويتعلق الأمر بعنوانٍ لإعلانٍ عن ندوة حديثـة انعقدت في أكتوبر ٢٠٠٠ من طرف اختصاصيين في التلفيف في وزارة الـدفاع، والعنوان هو: "التجارة والتنمية المستدامة، التلفيف، من حياة لأخـرى." يـتلخص صلب المشكل في الإعلان التالي: أليست التنمية المستدامة مجرد "تلفيف" جديد، أو مسألة تخص عالم التجارة، أو مجرد ملصق إعلاني لا يحدث أي تغيير فـي أهـم الممارسات الملوثة والمدمرة؟ وفي ظل أية شروط نستطيع يا ترى أن نخمن كيـف يمكن لهذه المرجعية الجديدة أن تحدث تغييرات جوهرية في الممارسات الاقتصادية والسياسية المتعلقة بمجال التنمية؟"

---

(٧) نص المحاضرة رقم ٢٩٥ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٩ أكتوبر ٢٠٠٠.

تقف الإنسانية دائما موقف اتهام، ذلك أنها تخفي تعقد الواقع وتعدد المفاهيم، وكذا تعارض المصالح وتباين استراتيجيات الفاعلين. أما الإجماع الرائع الذي ظل يرافق ولمدة عشر سنوات السياسات المسماة ب "سياسات التنمية المستدامة"، فقد آن له أن يوضع جديا في الميزان. لقد أضحت التنمية المستدامة أمرا عاما متناولا في كل مكان غالبا دون أي تحليل أو تحديد، من المؤتمرات الدولية حول تنسيق العلاقات بين الشمال والجنوب، إلى المشاريع البلدية حول البيئة (المسماة أحيانا بصفة تجاوزية "البرنامج ٢١" « Agenda 21 » المحلية).[٨] بعبارة أوضح، أضحى هذا المفهوم ذا دلالة قانونية حاضرة بقوة في تعريف السياسات الأوروبية للبيئة، كما أنه انتقل إلى القانون الفرنسي كأحد المبادئ العامة لسياسات البيئة (قانون Barnier ١٩٩٥).[٩] وعليه، فمن يجرؤ الآن على الاعتراض على خيارات العمل الجماعي التي تدعي أنها "تؤمن حاجيات الحاضر دون أن تجازف بإمكانية الأجيال القادمة في تأمين حاجياتهم هم كذلك" (تقرير بروندت لاند، ١٩٨٧)؟ يبدو هذا المفهوم وكأنه قابل للتوفيق بين اهتمام واقعي آني (حاجيات يجب تلبيتها)، واهتمام تضامني بين الأجيال (حاجيات الأجيال القادمة). وهناك صياغة أكثر واقعية تعتبر أنه "يمكن أن تكون التنمية مستدامة إذا استطاعت الأجيال القادمة أن ترث على الأقل بيئة لا تقل جودة عما تلقته الأجيال السابقة" (إ. راموني، ٢٠٠٠).

تحتضن فكرة التنمية المستدامة ثلاثة أبعاد أساسية ومترابطة فيما بينها:

- الحد من ظواهر استنفاذ الموارد غير المتجددة (النفط – الغاز – الركاز) ومن التدمير النهائي للأنواع والأوساط (اندثار بعض الأنواع بسبب الصيد أو

---

(٨) عن اسم برنامج العمل الذي تعهدت كل الدول الموقعة على اتفاقية ريو بتطبيقه، والمشابهة هنا فقط دعائية وتهدف لإبراز الصورة.

(٩) قانون ٢ فبراير ١٩٩٥، فصل ١: "تدخل في عداد التراث المشترك للأمة كل المساحات والموارد والمناطق الطبيعية، والمواقع والمساحات، وكل الأنواع الحيوانية والنباتية، وكل التعددات والتوازنات البيولوجية التي تساهم فيها. وتعتبر حمايتها وتحسينها وترميمها وتقويمها وكذا إدارتها من الصالح العام وتسعى إلى التنمية المستدامة الهادفة إلى تلبية حاجيات النماء للأجيال الحاضرة دون المخاطرة بقدرات الأجيال القادمة على تلبية حاجياتها أيضا.

القنص المكثفين، تعقيم التربات من جراء الأخذ المفرط منها و/أو رمي المواد الملوّثة فيها؛ ونذكر على سبيل المثال تدمير بحر آرال).

- الحث على التصرفات الحذرة، سواء فيما يخص مختلف استعمالات الموارد البيئية (الأوساط، الأنواع، المواد الأولية) أو فيما يخص الابتكار العلمي والتقني (الكيمياء، النووي، التحول الجيني)
- وأخيرا مكافحة الفقر والتخلف على الصعيد الدولي، والتضامن مع دول الجنوب ومساعدتها للنهوض اقتصاديا وتقوية دعائم الديمقراطية بها، وحماية اختلافاتها وتعدداتها الثقافية.

وتُعَدُّ هذه مجموعةً من الشروط الأساسية المسبقة للسياسات البيئية.

بيد أن التنمية المستدامة تُعرَّفُ خطأً على أنها "الحل" للمشاكل العديدة الحالية ذات التوجهات التكنولوجية والاقتصادية والسياسية، في حين أنها مشكل يجب البحث له عن حل، رهانا رهانا، وإقليما إقليما. وفي واقع الأمر، لا يوجد هناك تعريف ثابت للفكرة، ولا للأهداف الدقيقة التي تحتويها ولا لوسائل تحقيقها. بل إن من الكُتاب، مثل W.M. Lafferty، مَن تساءل عن الالتباسات المتعددة في هذه التحليلات والممارسات التي تصحبها.(١٠) فالمقاربة اللفظية للتنمية المستدامة توفر لنا معيار حكم موحد، بمعنى أن محتواها يجب أن يدرج كلما تم استحضارها. إضافة إلى ذلك، فإن نشر استدلالات بخصوصها إنما يدل على مدى تداخل المقاربات البيئية والاقتصادية التي طالما كانت متناقضة. لقد شهد هذا التيار الفكري تزايدا مستمرا منذ نحو عشر سنوات، التقت خلاله العقليات الواقعية بالعقليات الملتزمة بالقيم، إلا أن السؤال الأساس هو إلى أي مدى وكيف يمكن التوفيق بين هاتين المقاربتين.

---

(١٠) W.M.Lafferty, « The pursuit of sustainable development, concepts, policies and arenas », International political science review, n°2, avril 1999.

وبالفعل فإن العبارات المنمقة المذكورة آنفا تتسم بازدواجية التراضي، وتنفي أي مجال للمواجهة أو الشقاق؛ فهي من جهة تفترض أن مشكلة التناقض المهم، الذي طالما قام بين التقدم الاقتصادي وحماية موارد ومواطن الحياة، قد جرى حلها، بينما الحال أن السياسة البيئية لم تتبن إلا على انتقاد بعض أشكال التقدم التكنولوجي. وتبرز أصالة رواد حماية البيئة أمثال J. Ellul، في كونهم قد اعتبروا منذ السبعينيات أن التقدم الرأسمالي وأيضا الاشتراكي ينهلان من النموذج ذاته الذي يولي الأهمية القصوى للاستثمارات العلمية والتقنية، مع إهمال متعمد لمخلفاتها، وبالخصوص تلك التي تؤدي إلى أضرار جسيمة تمس الإطار الطبيعي للحياة.[١١] وبالإضافة إلى ذلك، فإن النظرية الاقتصادية طالما رأت أن الإكراهات البيئية مضادة لفكرها المبني على الإنتاج والتبادل القصويين، وأن السياسات البيئية تتسبب في أسعار غير متناسقة تتنافر وديناميكية الصناعة.

فأية عصا سحرية هذه التي استطاعت يا ترى أن توفق بين هاتين المقاربتين المتعارضتين؟ هل تعني التنمية المستدامة تجاوز التناقض الحاصل، أم هل هي مؤشر على أن ترسخ الضرورات الاقتصادية، والاستعاضة بالنقود عن الخيرات الطبيعية، والمتاجرة بالمنافع البيئية، قد استلبت الاعتراضات البيئية جميعا وامتصت ما كان لها من قوة وعنفوان؟

من جانب آخر، فإن اعتراضات التنمية المستدامة تفترض أن الفاعلين الاجتماعيين، على كثرة تنوعهم، قابلون للاتفاق بصفة قارة على مجموعة من النقاط الحاسمة: ما هي احتياجات الحاضر، وما هي احتياجات المستقبل، ومن سيكون الفاعلون فيه؟ مع ذلك، وكيفما كان القطاع الملاحظ على المستوى الوطني: الفلاحة (ج. بوفي/ الفيدرالية الوطنية لنقابات المستثمرين الزراعيين)، أو تهيئة

---

(١١) J. Ellul, Le système technicien, Paris, Calmann-Lévy, 1977. Et comme travail pionnier celui d'un géographe ami d'Ellul, B Charbonneau, Le Jardin de Babel, Paris, Gallimard, 1969.

الأراضي (الشركة الوطنية للسكك الحديدية/ سكان المناطق التي تمر بها القطارات ذات السرعة الكبيرة)، أو الأنواع المتوحشة (القناصون/ شركات أنصار الطبيعة)، أو المخلفات النووية (احتياجات مفوضية الطاقة الذرية/ زارعو الكروم في منطقة Le Gard)، فإن قيم ومصالح واستراتيجيات الفاعلين المتعددين العاملين غير واضحة وغالبا متعارضة. كذلك الأمر على المستوى الدولي، فالدول الصناعية لا تُكَوِّن مجموعة متجانسة (الولايات المتحدة وحلفاؤها/ أوربا)، ومصالحها المتبادلة بعيدة كل البعد عن مسايرة مصالح الدول النامية، التي لا تقل هي الأخرى اختلافا في مواقفها عن سابقتها (الصين/ الدول الآسيوية النامية/ أفريقيا). وما المواجهات الحالية بخصوص مكافحة آثار ارتفاع درجة حرارة الكوكب أو ما يسمى بأثر الدفيئة، أو حماية التنوع البيولوجي، أو الولوج لاحتياطي النفط، إلا شواهد على هذه الوضعية المتنافرة. فعندما يتعلق الأمر إذن بالفاعلين الاجتماعيين المعنيين، فإن مقاربات التنمية المستدامة تبدو مختزلة ومهدئة، كما هو الحال حينما تطالب بالوفاق بين الاقتصاد والبيئة، لكن يجب تسجيل نجاح هذه الإشكالية والتساؤل عن مصادرها وعن محتوى التسوية بين المصالح وبين مختلف الفاعلين، وأخيرا عن الشروط التي يجب توفيرها من أجل نجاح محتمل لها.

حدود السياسات القطاعية

يقوم مفهوم التنمية المستدامة على مقاربة مدمجة للسياسات البيئية، في رؤية شمولية للرهانات تطمح إلى تفسير حدود وفشل السياسات القطاعية التي سادت منذ ثلاثين عاما. وقد تضاعفت سياسات حماية البيئة منذ مطلع السبعينات لدى الدول الديمقراطية الأوروبية، وذلك من أجل تقليص حجم المشاكل التي تطرحها مختلف أنواع التلوث (تلوث الماء والهواء والتربة، والأضرار الناتجة عن الضجيج أو المواد الكيميائية)، كما تزامن مع ذلك تأسيس كبريات الأجهزة العلمية والسياسية

في عدد من الدول الصناعية: سنة ١٩٧٠ في بريطانيا والولايات المتحدة، وسنة ١٩٧١ في فرنسا.

بعد مكافحة التلوث، توجه هذه السياسات اهتمامها بشكل أكبر للسيطرة على الحركة العمرانية وإعداد التراب الوطني من أجل حماية المساحات الطبيعية الحساسة (كالشواطئ والجبال والغابات والمناطق التي تمتاز بطابع بيئي أصيل). فبعد أن كان عمل هذه السياسات قاصرا بدءا على الصعيد الوطني (لم تكن لوزارة البيئة إلى حدود سنة ١٩٩٢ أية مصالح جهوية)، فإنه أصبح منتشرا على الصعيد العالمي (برامج الاتحاد الأوربي منذ ١٩٧٢؛ هناك أكثر من سبعمائة معاهدة واتفاقية في هذا المجال) وكذا الجهوي.

هذا التشابك في الأهداف والبرامج والفاعلين لم يسفر إلا عن نتائج جزئية؛ فرغم الحد في بعض الأحيان من تخريب الأوساط الطبيعية، تبقى النتائج العامة حول جودة الماء والهواء ومعالجة النفايا والمحافظة على المساحات الحساسة (كالشواطئ والمناطق الرطبة) جد متوسطة. ففيما يخص جودة مجاري المياه بفرنسا، تم القضاء على العديد من مصادر التلوث، لكن المعدل لم يتجاوز المتوسط، إذ إن نسبة مجاري المياه ذات الجودة العالية تراجعت. ولا يختلف الأمر كثيرا فيما يخص التلوث الجوي، فبينما لوحظ منذ عشرين عاما تقلص مهم في انبعاث أكسيد الكبريت والأكسيد الأحادي للكربون فإن التخلص من ثاني أكسيد الكربون لا زال يتأرجح. إضافة إلى ذلك، وعلى المستوى العام، فقد ظهرت عدد من الوضعيات غير القابلة للانعكاس ولا الإصلاح (مثل اقتلاع الغابات، واستنفاذ الموارد الطبيعية، وتأثير ظاهرة البيت الزجاجي وما تلاها من ارتفاع في درجة حرارة الكوكب).

وأخيرا فإن مناطق الشك لا تفتأ تتسع وتزيد عددا، كما تشهد على ذلك الرهانات الحالية المرتبطة بالتحول الجيني للأعضاء وداء جنون البقر، أو بالمخلفات بعيدة المدى للنفايات النووية، فيما نعلم أن قدرة العلم والتكنولوجيا محدودة لا تستطيع حل جميع المشاكل، إن على مستوى التنظير أو المعالجة. فهل يستطيع نشر مبادئ التنمية المستدامة أن يتجاوز العراقيل الحالية؟

مطابقة المصالح المتعارضة في مجال الحماية والتنمية والتهيئة

تطورت السياسات القطاعية محاولة، كلا بطريقتها، أن تقارب بين هذه الأنواع الثلاثة من المصالح. وخلافا لما هو متداول، لم يكن هدف أي من السياسات البيئية يوما أن تحتم الدفاع الأحادي الجانب عن مصلحة وقائية على حساب مصالح التنمية الاقتصادية والاجتماعية. وباستطاعتنا أيضا أن نثبت العكس باعتمادنا على تاريخ أقدم السياسات، مثل تلك التي تهتم بالغابات، والتي يرجع تاريخها إلى القرن السابع عشر، حيث نشأت مفاهيم حسن استعمال الغابات منذ ذاك العهد. كانت الفكرة ترتكز على أن تجديد طاقة المصدر سيكون هو شرط استخدامه، مما أدى إلى مقياسين متناسقين، أحدهما على المدى القصير وهو الاحتياجات البشرية، والثاني على المدى البعيد، وهو الدورات الطبيعية للإنتاج. وفي القرن التاسع عشر تعقدت هذه المقاربة بسبب البحث عن التوفيق بين ثلاث مصالح متنافسة ومعترف بشرعيتها: الحفاظ على اقتصاد مبني على الزراعة والرعي، ومحاربة انجراف التربة وما يسببه من كوارث طبيعية (انجرافات وفيضانات)، وأخيرا إنتاجية الغابات. وكمثال آخر، فقد شهد مطلع القرن التاسع عشر نشوء فكرة حراسة المخاطر الناتجة عن المؤسسات الصناعية. كان المفهوم الأصلي هو ضبط الأعمال الملوثة ("المزعجة وغير الصحية" كما كان يقال آنذاك)، حتى يتمكن الاستثمار الصناعي من تقديم أحسن مردودياته، وكان يتعين على هذا التقدم الاقتصادي والتقني أن ينسجم نوعا ما مع حماية المحيط من الدخان ومنتجيه. بعد ذلك، وخلال القرن العشرين، تم التشبث بهذه المبادئ وتتميمها عبر الأخذ بعين الاعتبار لمصالح أخرى كالصحة العامة (١٩١٧) والبيئة (١٩٧٦).[١٢] وتخضع السياسات الحديثة في مجال حماية المساحات والأنواع الطبيعية بدورها لديناميكية البحث عن تسوية بين المصالح المتنافرة المتعايشة حينا والمتواجهة حينا

---

(١٢) P. Lascoumes, « Administrer les pollutions », L'Ecopouvoir, IIe partie, Paris, La Découverte, 1966. ب. لاسكوم، "كيف ندير التلوث"

آخر، والتي يتعين ضبطها. كما يتحتم التوفيق بين وسائل الحماية وقدر من الإعداد اللازم للتنمية الاقتصادية المحلية بالنسبة للمساحات، كالشواطئ والجبال والمناطق الرطبة، أما في مجال الأنواع المحمية، فإن جزءا محدودا فقط هو الذي يتمتع بحماية مطلقة، في حين لا تستفيد الأغلبية الأخرى سوى من بعض التحديد في القنص أو التسويق.

لكن الملفت للنظر منذ بداية التسعينات هو أن نرى إلى أي مدى يحاول الخبراء والسياسيون أن ينكروا تعارض المصالح هذا، وأن يُدخلوا في مسار قراراتهم أبعادا كانت حتى ذلك الحين متوترة إن لم نقل متعارضة. وهكذا، وبعد أن كان الاقتصاد أهم غريم للبيئة أصبح حليفها الوفي،[١٣] وأكثر من ذلك، فلن يكون هناك عمل بيئي لا يمر عبر رؤية ووسائل عمل اقتصادية.[١٤] وبناء عليه، فإن النشر المكثف للأدوات الاقتصادية، مثل خلق مبادرات تتوخى تخفيض انبعاث الغازات ذات تأثير الدفيئة، يعتمد على صياغاتٍ نظرية أكثر من اعتماده على تحليل دقيق لشروط تنفيذ واقعية لهذه الاقتراحات. كما أن الأفكار بشأن "المساعدة على التنمية النظيفة" تقدم بصورة جد مبسطة، حيث تحصل دول الشمال على حق في بث غازات وملوثات في حجم الاستثمارات التي من المفروض أن تقوم بها في دول الجنوب مقابل تقنيات قليلة التلويث. وخلال مؤتمر لاهاي الذي انعقد حديثا (نونبر ٢٠٠٠)، نعت ممثل الدول الإفريقية في برنامج الأمم المتحدة للبيئة هذا المشروع ب "صفقة المغبونين"، إذ إنه لا يقدم أية حلول للقارة السمراء، بينما ستستثمر الدول المتقدمة لا محالة في الدول التي تعتبر ذات مردودية، مثل تنينات جنوب شرق آسيا.

---

(١٣) من أجل نظرة شاملة عن الموضوع انظر بحث إ. رومبالا، قضايا بيئية، حلول اقتصادية، التحولات في الحل الاجتماعي لمشاكل البيئة على مدار سنوات ١٩٨٠ و ١٩٩٠، دراسة تحليلية عبر- قطاعية، رسالة دكتوراه في العلوم السياسية، معهد الدراسات السياسية، باريس، دجنبر ١٩٩٩.

(١٤) هانس وآخرون "الاقتصاد كأداة لحماية البيئة، هل نستطيع أن نصدق "السجادة السحرية"؟"، مجلة العلوم السياسية الدولية، عدد ٢، أبريل ١٩٩٩، ص. ١٧٥.

غالبا ما ينظر إلى الاقتصاد على أنه أهم أداة لعلاج المشاكل البيئية، لكن محاولة التوفيق تتجاوز ذلك، فتجعل من إدماج المقاربة الإيكولوجية أمثل وسيلة تستطيع التنمية التكنو/اقتصادية بواسطتها أن تحقق أحسن مفعول. لقد أصبح من الواضح الآن أن التخريب الكبير للتوازنات الطبيعية يمكن أن يشكل تهديدا يواجه التنمية الاقتصادية، وهذا ما يفسر دون شك تناول موضوع التنمية المستدامة من قبل أصحاب الصناعات، وإن كانت قلة من الناس يتساءلون عن معنى هذا المفهوم لدى هذا النوع من الفاعلين. وبالتالي، فهل الحديث جار حول "التنمية" وعوامل "الديمومة" نفسهما اللتين حددتهما اتفاقيات ريو في مقدمتها؟ أم هل إن الأمر يتعلق بمجرد تماثل إن لم نقل إنه تزييف تسويقي مقصود؟

إن ظهور وانتشار سلسلة كاملة من التعبيرات إنما يدل على إدراك عميق للحجة، ورغبة في توحيد المصالح المتفرقة التي تتضمنها. ومن أجل استمرارية جدية لديناميكية التطور الاقتصادي والاجتماعي، ينتظر منه أن يصبح مستداما (أي حذرا واقتصاديا)، لكن نموه يظل هدفا لا جدال حوله. ومن أجل ضمان حماية المساحات الطبيعية كالمستنقعات، ومناطق مد الفيضانات، والبحيرات المرفئية، يتعين أن يفكّر فيها من الآن فصاعدا بما هي "بنيات تحتية طبيعية"، إذ تصبح فائدتها الاقتصادية والاجتماعية هي ما يفرض ضرورة الحفاظ عليها، لا قيمتها البيئية في حد ذاتها. ونحن الآن نشهد تهجينا قويا للأصناف والفئات التي كانت حتى اليوم تتمايز فيما بينها، والتي لا يجري الحديث إلا نادرا عن تفاصيل ظروف تقاربها واختلاطها بعضها ببعض. فكيف يا ترى السبيل عند ذلك لإتمام هذا التهجين وضمان انسجام مكوناته فيما بينها؟

أدوات العمل التي تجمع ما بين الخبرة والديمقراطية

لا يمكن التوفيق بين المصالح المتضاربة إلا إذا توفرت الأدوات اللازمة، وهذا هو السر في تطور الأدوات التي تتوفر عليها السلطات العمومية لتحقيق ذلك

الهدف. فبغض النظر عن الإجراءات الإدارية التنظيمية (من قبيل ضرورة الإعلان ووجوب الحصول على تصريح والخضوع للمراقبة والتعرض للعقاب في حال المخالفة)، فقد تعين وضع آليات وأنشطة أخرى للتعرف والتتبع فيما خص الرهانات البيئية، حيث جرى التفكير باكرا في وضع آليات للتتبع والفحص وتجميع المعطيات البيئية، رغم أن تفعيل تلك الآليات استدعى وقتا طويلا. واليوم فإن إنتاج المعلومات عن حالة الأوساط البيئية المختلفة وتقييم مدى الضرر الحاصل، كلها رهانات معترف بها إن محليا أو دوليا. وقد أنشئت في فرنسا عام ١٩٩٢ الوكالة الفرنسية للبيئة، التي من مهامها تجميع ونشر المعلومات حول حالة المحيط البيئي والسياسات المتبعة حياله. ويندرج عمل هذه الوكالة في إطار العمل الأوربي في هذا الميدان، الذي أفضى في عام ١٩٩٤ إلى إنشاء الوكالة الأوربية الموجود مقرها في ستوكهولم. غير أن التنسيق ما بين هذه المراكز يبقى أهم مشكل يعترض العمل في هذا المجال. وبما أن الوصف وحده لا يكفي لحل المشكل، وأنه ينبغي أيضا فهمه لأجل حله، فقد تطورت خبرة الباحثين في هذا الاتجاه تطورا كبيرا كذلك. وقد رأينا كيف صارت كل المشاريع الكبرى المراد إقامتها مطالبة منذ ١٩٧٦ بإجراء دراسة قبلية عن الأثر الذي يمكنها إحداثه في البيئة، ثم كيف أصبحت منذ ١٩٨٥ مطالبة بدراسات عن الأخطار المتوقع أن تنجم عنها على المدى المتوسط والبعيد. وهذه الخبرة البيئية تستنفر اليوم كل التخصصات العلمية، خصوصا وأن الرهانات كلها موضوع نقاش وجدل (طبقة الأوزون، والمسألة النووية، والتغيرات المناخية).

في مقابل ذلك، فإن إدماج هذه المساعي مع بعضها لا يزال غير كاف، وذلك بسبب غياب فضاءات علمية مبنينة صالحة لذلك. فالمنتديات الحوارية تبقى غير نظامية ولا هي منظمة، مما يترك الباب مفتوحا أمام جدل الخبراء وخصوماتهم التي لا تنتهي. ولقد كان في الجدل الذي دار بعد كارثة الناقلة "إريكا" سنة ١٩٩٩، حول ظروف غرق الناقلة، وما سيترتب على ذلك من نتائج كارثية

بالنسبة إلى المحيط البيئي وكل الأحياء التي تعيش فيه، وحتى بالنسبة إلى العاملين في الإنقاذ والتنظيف، خير دليل على مدى ضعف القدرة على التعلم لدى الفاعلين العموميين، الذين بدوا ساعتها وكأنهم يواجهون مشكلا من هذا النوع لأول مرة. وقل الشيء نفسه في التنسيق على المستوى الأوربي، الذي لا يزال يشكو من عدة ثغرات. لكن يمكن في مقابل ذلك أن نقول إن تتبع المشاكل التي تطرحها ظاهرة الدفيئة أو البيت الزجاجي يجري اليوم بشكل جيد، وإن بعد لأي.

وأخيرا، فينبغي ألا ننسى أبدا أن علم البيئة قد اتخذ منذ الستينات من القرن الماضي صبغة سياسية، وأنه قد طرح نقد التقدم الصناعي ونقد الهيمنة التكنولوجية بصفتهما متلازمين لا ينفصلان. ولنا في الصناعة النووية خير مثال على قطاع تطور – باسم مصالح يقال عنها إنها "عليا" – في انعزال تقني-إداري لم يسبق له مثيل، خلافا لبعض القطاعات الأخرى التي لا ننكر أنها شهدت ميلاد آليات وإجراءات مجددة ذات طابع ديمقراطي، من مثل التحقيقات الميدانية واللجان المحلية للإعلام (حول الماء أو النفايات) ولجان التحقيق متعددة الأطراف وغير ذلك. وهي آليات تشهد جميعها بضرورة الخروج من الدائرة الضيقة المكونة من الخبراء وأصحاب القرار، وأخذ الآراء المختلفة في الحسبان، بحثا عن حلول تكون مرضية لجميع الأطراف. ومنذ ١٩٩١، فإن الجهود المبذولة بهدف اتخاذ قرار سياسي بشأن النفايات النووية وما تسببه من مشاكل آنية، تندرج هي أيضا في سياق هذا الديناميكية. هكذا رأينا كيف أفضى التحكيم بين الرهانات البيئية إلى نشوء آليات عمل عمومية مجددة تجمع بين إنتاج المعلومات وبين نقاشات عمومية تتصف بقدر من الديمقراطية ينقص أو يزيد. غير أنه لا ينبغي إغفال ما يطبع اشتغال الغالبية العظمى منها من تعقيد شديد. ونذكر على سبيل المثال تفعيل مساعي الحيطة، الذي إذا كان يندرج في سياق بناء تنمية مستدامة، فإنه لا يزال في مرحلة التجريب، في حين ما زال ينبغي تحديد محاور النقاش وتدابير اليقظة والتتبع والاستكشاف وما يستتبعه كل ذلك من إجراءات مؤقتة.

وختاما فسوف أقول، على عكس ما يبدي عنه أغلب زملائي من تفاؤل، إن الإحالات على مفهوم التنمية المستدامة اليوم كثيرا ما تكون عبارة عن أوهام تتوخى التهدئة، وتتكتم على التوترات الحقيقية والمستمرة بين المصالح المتضاربة والفاعلين المختلفين، أكثر مما تكوّن إطارا متماسكا صالحا للعمل. كما يمكن اعتبار هذا المفهوم بمثابة إيديولوجيا مهنية من نوع جديد، تؤمن لكثير من الفاعلين، من جامعيين وباحثين واستشاريين ومقيمين وإداريين وسياسيين، مشروعية جديدة لأفعالهم. وقد قام W.M. Lafferty في كتابه المذكور آنفا بإجراء تحليل نقدي لمفهوم "الطائفة الإبستيمية" الذي يقصد منه E. Haas شبكات الفاعلين المختلفين الذين يصنعون وينشرون مفاهيم إدماجية بقصد توفير هيكل وإطار تبريري للسياسات المتبعة.

يجدر أن تُساءل هذه التكتلات التي تُؤمِّن إنتاجا معرفيا خاصا - وبصفة غير مباشرة، نشر نُسُق قيم - حول تكوينها وطرق عملها وأهدافها. هذا المفهوم ينطبق على مجموعة الفاعلين الذين يروجون اليوم فكرة التنمية المستدامة تبعا لمصالحهم الخاصة. داخل هذه الشبكات، يوضح W.M. Lafferty مجموع التفاعلات القائمة بين مجموعتين مختلفتين: فمن جهة نجد الفاعلين السياسيين الذين يعتمدون توافقا علميا لتكريس خياراتهم؛ ومن جهة أخرى مجموعة منتجين لمعارف علمية واقتصادية وقانونية، يرغبون في اكتساب شرعية سياسية. وبالنسبة إليه فإنه يتعين التساؤل عن الأسباب التي تخول لمجموعة فكرية سلطة معينة في صياغة مفهوم معين للتنمية المستدامة، وما هي مصالحها وأرباحها في مثل هذا الاستثمار. وعليه، وفي إطار المساعدة على التنمية، يجب التساؤل حول مدلول المبادرة المتصاعدة لجهاز مثل البنك الدولي، للتنمية المستدامة. هل يتعلق الأمر بمجرد تمويه أم بتغيير حقيقي للسياسة؟ إن السؤال يستحق التحليل عن قرب دون الاكتفاء بالأخذ حرفيا بالتصريحات الرسمية والإنتاج المذهبي.

لكن، حينما تحث الإشارة إلى التنمية المستدامة على تعمق معرفـي حـول الأماكن والأعمال الإنسانية، وحينما تثير مواجهات بين وجهات النظـر، وحينمـا تؤدي إلى تجاوز الذرائعية المباشرة لاستدلالات أكثر إجمالية، وحينما لا تدوس في طريقها الضرورات الديمقراطية؛ فقط، وفي ظل هذه الشروط، يمكنها أن تؤدي إلى بلورة جيل جديد من السياسات البيئية المرفوعة الحواجز، والمندمجـة اقتصـاديا، والمُقَيَّمة في أثمنتها ونتائجها، لكن مع كونها دائما قابلة للنقاش من قِبـل الأجيـال القادمة. السؤال المطروح هو معرفة مقياس القوة المزمع إقامته بين بُعدَي "التنمية" و"الديمومة". هذا البعد الثاني هو الأساس في التصور الأصلي، مادام يلزم المستقبل بالمسؤولية. في المقابل، وفي العديد من الحالات، فإن البعد التنموي يتفوق في ظل ردائه العصراني. إنه من الأهمية بمكان عدم الخلط بـين "التنميـة المسـتدامة"، و تدعيم منطق إنتاجي "في حلة جديدة" تضفيها عليه التجارة حين تدعي أنهـا نمـط جديد للتنمية المتواضعة والمسيطَر عليها.

الباب التاسع

مجتمع المخاطرة والمغالاة

المخاطرة في المجتمع المعاصر[1]

بقلم فرانسوا إيوالد

François EWALD

تحتل المخاطرة في المجتمع الحديث مكانا مرموقا.. فهي توجد في كل مكان: في عالم الاقتصاد، حيث تميز سحنة المستثمر، وفي عالم المال، حيث تعرف ب "التهديد الكبير" لظاهرة "انهيار السوق"، وفي العالم الاجتماعي، حيث تشتغل تحت ظلها مؤسسات التأمين الخاصة والاجتماعية، وفي عالم القانون، حيث تستعمل لملاحقة المسؤوليات، وفي العالم المعنوي، حيث التذمر من مجتمع من المؤمَّنين، وفي عالم الطب حيث الصدف العلاجية التي يتعذر أن تقدر أو تدرك، وفي العالم العسكري الذي ابتكر استراتيجية "الاحتمال الصفر للخطر". وهي توجد أيضا في الطبيعة في صورة التهديدات البيئية الكبرى، كما توجد في مجال البحث العلمي، حيث السعي إلى التحكم فيها عبر مفهوم الأخلاقيات، وكذلك في مجال التنمية التكنولوجية واستعمالاتها الصناعية التي أصبحت قوتها تخشى أكثر فأكثر.

حضور للمخاطرة حيثما نظرت، جعل منها الكلمة-الحقيبة التي تستعمل لوصف كل حادث، شخصيا كان أم جماعيا، حقيرا أم كارثيا؛ إنها الحدث في شكله العصري، والطريقة التي تميل مجتمعاتنا إلى التفكير بها في ما يشكل الحدث وفيما يقلقنا... المخاطرة هي النقطة الوحيدة التي يرى المجتمع الحديث من خلالها مشاكله ويحلل نفسه ويبحث عن قيمه وربما يعرف حدوده.

هذا الاستعمال المنهجي والمتكاثر لمفهوم المخاطرة استعمال حديث، إذ ظهر في الثقافة الغربية في نهاية العصر الوسيط ليُعَيِّن موضوع عقدة التأمين، وظل

---

(١) نص المحاضرة رقم ٢٩٤ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٠ أكتوبر ٢٠٠٠.

ساريا لمدة طويلة. ومع نهاية القرن التاسع عشر ومعالجة قضايا حوادث الشغل، أخذ المفهوم وضعا قانونيا ضمن صنف "الخطر المهني" الذي امتد إلى صنف "الخطر الاجتماعي". وفي سنوات ١٩٧٠ وتحت ضغط المطالب البيئية، اتخذ المفهومُ البعدَ المعروف حاليا، والذي ذهب فيه البعض مثل Ulrich Beck إلى الحديث عن "مجتمع المخاطرة".[٢]

وهذا التعدد يشكل في حد ذاته حادثا يستحق التحليل: فمن خلال الاستعمال الحالي لمفهوم المخاطرة يطرح التساؤل التالي: ماذا نُجري ك "تجربة" (بالمعنى الفلسفي للكلمة)؟ وما هو نوع التجربة التي نجريها على أنفسنا لما نضعها ونضع أعمالنا في الميزان على شكل مخاطرة؟

أود التطرق إلى ثلاثة أشكال لهذه التجربة: الشكل المعنوي والشكل الاجتماعي والشكل القانوني.

المخاطرة بما هي تجربة أخلاقية

المخاطرة في مجتمعنا هي مصدر القيم الأخلاقية، وهذه القيم هي أول ما يتبادر إلى الذهن كلما تحدثنا عن المخاطرة. إنها أصل قيمة ما لدينا من قيم.

ما منا أحد إلا ويتذكر تلك اللقطة من فلم "حب الحياة"، التي دعا فيها الممثل "جيمس دين" خصمه إلى تحد مميت يكون الفائز فيه من يقفز من السيارة المنطلقة بسرعة قصوى نحو الهاوية. لدينا هنا صورة سامية وساخرة في آن لتقييم المخاطرة. فمن خلال هذه المواجهة التي تبرز إلى أي مدى يمكن أن يخاطر المرء بحياته، فإن الرهان هو التحكم الذي يضع القوانين ويصنع القيم. إن فلم "حب الحياة" هو الترجمة الأمريكية لمقطع شهير من دراسة ظاهرة الروح لهيجل: جدلية

---

(٢) Beck (U.), Riskgesellschaft, Auf dem Weg in eine andere Moderne, Frankfurt a/Main, Suhrkamp, 1986

السيد والعبد.[٣] فالإنسان يحس بذاته كإنسان من خلال المخاطرة بحياته، إذ لا تقاس قيمته بوجوده البيولوجي وحده، بل بقدرته على أن يجازف بهذا الوجود من أجل شيء آخر، فيتجلى عالم القيم بفضل قدرة الإنسان على التضحية بنفسه لأجلها. وبالتالي فالمخاطرة هي أصل المراتب الاجتماعية: من يجازف بمواجهة الموت يصبح سيد من لا يملك الشجاعة لفعل ذلك. وهكذا توضع إنسانية الإنسان في المحك عبر المخاطرة، و بصورة أدق، عبر المخاطرة بالحياة، إذ الحيوان محروم من المخاطرة، وبعبارة أخرى فعدم القدرة على مواجهة الخطر المجهول يعني العيش كالحيوان.

وبالفعل، فمفهوم المخاطرة في تقاليدنا يشترك مع مفاهيم الشجاعة والبطولة والقدرة على المغامرة بالحياة والتضحية بها. فمقياس القيمة التي أعطي للشيء الذي سأجازف من أجله ينعكس من خلال المخاطرة التي سأخوضها: قيمة الوطن من خلال الحرب، وقيمة الحرية من خلال المقاومة، وقيمة الحب من خلال التضحية براحتي الشخصية؛ إن ما يعطي القيمة لأحدى القيم هو ما نحن على استعداد للتضحية به في سبيلها.

ليست المخاطرة ذات قيمة مطلقة وإن كانت معيارا للتقييم؛ فإذا كانت الشجاعة تعد فضيلة، فإن التهور أبعد ما يكون عن ذلك. فالمخاطرة المثيرة قد تؤدي إلى أسوء الشرور كما تدل على ذلك حوادث القرن العشرين، والإشادة بالتضحية بالنفس قريبة من تعصب تخشى عواقبه، والمخاطرة في حد ذاتها لا تشكل هدفا. وبالتالي فهيجل يعطي، في جدلية السيد والعبد، الحق للعبد الذي يمتلك السلطة الحقيقية بفضل العمل. وأخلاقيات المخاطرة تضع لهذه الأخيرة حدا لا ينبغي تجاوزه وهو المحافظة على الحياة، كما يمكن إضفاء القيمة عليها، لكن على أن تظل في خدمة الحياة. إنها تثمن الحياة لكن يشترط أن تصونها. تتأرجح

---

(٣) Hegel (G.W.F.), Phénoménologie de l'esprit, trad. Jean-Pierre Lefebvre, Paris, Aubier, 1991, p.143 sq.

أخلاقيات المخاطرة بين البطولة الهائجة التي ينتهي بها الأمر إلى فقدان قيمة كل شيء؛ وبين التراجع الجبان للنذل أو الرعديد الذي يفضل في جميع الأحوال أن يؤمن وضعه مهما جرى من حوله. إن قيمة المخاطرة تكمن في مقياسها وتناسبها. فلا الكثرة ولا القلة محبذتان: إن أخلاقها أخلاق توازن.

هذه المناقشة حول قيمة المخاطرة حاضرة اليوم تحت عدة أشكال، وعليه فيمكن أن نتساءل، بشأن إستراتيجية الحرب ب"الاحتمال الصفر للخطر"، عن القيمة التي نولي لقيمنا إذا قبلنا أن ندافع عنها شريطة ألا نموت في سبيلها...

المخاطرة بما هي تجربة اجتماعية

إنها مجال التأمين: هنا يأخذ الخطر شكل حدث مستقبلي ممكن أو وارد أو محتمل، سعيد أو حزين، لكنه في كل الحالات محط تخوف بسبب انعكاساته المادية. وهو في هذا المجال دائما فرَضي، ومع ذلك فالتأمين يضفي عليه قيمة حقيقية، يعطيه ثمنا: هذا الثمن هو منحة أو اشتراك التأمين. وهكذا، ومع التأمين، فالخطر لا يبرح عالم القيم. وبالفعل فهو في إطار التأمين ليس سوى مقياس لقيمة ما، والتأمين هو ما يعطيه ثمنا اقتصاديا وتقييما نقديا، هو ما يجعل منه قالبا وجوديا لإحدى القيم.

كيف نحدد إذن ثمن الخطر المحتمل؟ هناك نظريتان. أما الأولى، وهي ذات طابع سيكولوجي، فتؤكد أن ثمنه يقاس بمدى نفور الشخص الذي يحاول التخلص منه. هنا لا حاجة للإحصائيات؛ فثمن الخطر المحتمل هو المنحة التي يتفق حولها الطرف الذي يرغب في إبعاد ذاك الخطر مع الطرف الذي يقبل أن يتحمله. هناك طريفة في هذا الموضوع تقول بأن رئيس شركة Cutty Sark قد خصص مبلغا ماليا ضخما لأول من يرى وحش Loch Ness، وذلك قصد الدعاية لشراب الويسكي الذي تصنعه شركته. لكن لعله رأى ذات ليلة كابوسا أو شعر بالخوف من الاضطرار إلى الوفاء بوعده الأخرق، مما سيعرض شركته للخطر؛ وهكذا فكر في

البحث عن شخص يُؤمّنه، شخص يستطيع أن يتحمل تبعات الخطر المحتمل الـــذي أوقع نفسه فيه بكل تهور، فوجد نقابة Lloyds (اسم بعض شركات التأمين)، واتفق معها على أن تؤمنه مقابل قسط معلوم يؤديه لها. إذن فمن أجل تغطية هذا الخطـــر الافتراضي والاستثنائي كان هناك ثمن وكان هناك انتقال لهذا الخطر: كان هنـــاك تأمين دونما حاجة لأي إحصاء. إن مفهوم الخطر المحتمل في مجال التأمين مرتبط بمفهوم الأمل أو التخوف أكثر منه بمفهوم الخطر، فالخطر المحتمل هـــو مقيـــاس الأمل: توقع رياضي يتناسب، حسب باسكال،[٤] بحاصل احتمال الحدث مضـــروبا في قيمته؛ وتوقع معنوي (أو منفعي) حسب Daniel Bernoulli،[٥] يتناســـب مـــع الثمن الذي أنا مستعد لتأديته إضافة إلى ما يتعين علي من وجهـــة نظـــر التوقـــع الرياضي، كي أتخلص من الخطر المحتمل. هذه ال"إضافة" هـــي بالضـــبط قيمـــة الخطر المحتمل بالنسبة إلي.

هذا المنظور التعاقدي الصِرف للتأمين يتناسب، حتى نستعيد تمييزا أضـــافه ميشيل ألبير، مع رؤية أكثر"بحرية" منها "راينية" (من نهر الراين) للتأمين.[٦] فـــي القارة الأوروبية وفي فرنسا على وجه الخصوص، توجد نظرة للتـــأمين مفهرســـة ضمن مفهوم التعاضد، أي بناء على فكرة الإحصاء والاحتمال؛ ذلـــك أن التـــأمين بفرنسا، ومن أجل أن يُعترَف به، أزال عنه علامة اللعب والرهان. وانطلاقا مـــن هذا المنظور فإن الخطر يتطابق مع احتمال وقوع حدث ما لساكنة ما. فإذا أخـــذنا بعين الاعتبار مجموع ممتلكي السيارات بفرنسا وحالة الطـــرق وطبيعـــة حظيـــرة السيارات، فإننا نجد حاليا ما يناهز ٨٠٠٠ قتلى طريق سنويا. نسترجع هنا عبـــارة عالم الاجتماع الكبير Adolphe Quételet الذي يرى أن الخطـــر المحتمـــل هـــو

(٤) Pascal, « La règle des parties », Œuvres complètes, Paris, Gallimard, La Pléiade, 1954, p.75 sq.

(٥) Bernouilli (D.), « De Mensura Sortis », Risques, n° 31, p. 123 sq.

(٦) Albert (M.), « Le rôle économique et social de l'assurance », Encyclopédie de l'Assurance, Paris, 1998, p.3 sq.

"الميزانية" التي تخصصها الساكنة الفرنسية سنويا للسير بالسيارات؛ ويمكن التكهن بأن هذا الرقم سيظل من سنة لأخرى كما هو مع بعض الفرق الذي يمكن أيضا حسابه. وهذا ما يتيح تحديد معدل منحة السيارة لكل ساكن أو لكل سائق، مع إمكانية قياس "حظوظ" هذا الشخص أو ذاك في أن يكون ضمن ال ٨٠٠٠ ضحية في الوقت نفسه. يتوقف الأمر على قوة السيارة وتجربة السائق والأماكن التي يسوق بها وغير ذلك. هذه كلها معايير تحدد المنحة الفردية لتأمين السيارات، لأن كل فرد لا يمثل الخطر نفسه بالنسبة إلى الجماعة. وهناك طريقة أخرى لتحديد ثمن الخطر المحتمل، حيث يتناسب الثمن مع الاحتمال الكبير نسبيا لوقوع حادثة، مضافا إلى الاحتمال المتوسط. ويعرف هذا الثمن باسم الثمن المنصف.

من هذه الزاوية الأكثر سوسيولوجية منها سيكولوجية، تتفوق الجماعة على الفرد. فالخطر يميز الجماعة ويؤثر فيها باطراد مُحبط، ويمس الأفراد باعتبارهم أعضاء في الجماعة. إن الخطر المحتمل يميز الجماعة ويوحدها ويضفي عليها شخصية وهوية. لنلاحظ المفارقة التالية في مفهوم الحرية: فلكل شخص أن يحس بحريته كيفما شاء، لكنه ومن خلال تصرفاته سيساهم مهما كان في إنتاج الإحصاء الجماعي. إن مجموعة كهذه، تُعَرّف انطلاقا من الخطر المحتمل، هي ما يسمى بالتعاضد. إن التأمين و بإعطائه ثمنا للخطر المحتمل يمكنه من أن يصبح موضوع تعاقد، يعطي بالتالي واقعية للاواقع، وكينونة للاحالي، ووجودا للمحتمل... إنه يقلب سير الزمن: فالحادث الذي يُخشى وقوعُه موجود رغم انه لم يحدث قط وربما لن يحدث أبدا. إنه حاضر، مجسد بالعقدة في شكل جزء متناهي الصغر لما سيكون عليه، بمعنى أن وجوده، رغم واقعيته، يكاد لا يحس؛ وهذا ما يعطي فعالية مزدوجة للتأمين: فتجزيئه للخطر يجرد الحدث من الخوف الذي يحيط به. إنه يذيب العقبات ويجعلها أسهل احتمالا،(٧) وإن يكن ذلك أحيانا بصورة مغالية مبالغ فيها.

(٧) Cf. Chiappori (P.A.), Risque et assurance, Paris: Flammarion, 1996, p.32-33

لكن فضائله تمتد لأبعد مما كان يمكن أن يجعله لولا ذلك أقرب إلى منطق المساعدة والعون منه إلى منطق التأمين: إن التأمين يغير طبيعة الأشياء بشكل يجعل عدمه خطأ، وهذا ما عبر عنه Edmond About في الكتيب الذي خصص للتأمين حيث يقول: "أنتم تعلمون أن تآكل عجلات السيارات على الطريق يتسبب يوميا في بعثرة ما يزيد عن عشرين كيلوغراما من الحديد في شوارع باريس. هذه العشرون كيلو من هذا المعدن النفيس لا تتلاشى وإنما تضيع. إن تجزؤها المتناهي الصغر يحيلها إلى أشياء غير صالحة للاستعمال نظرا لتعذر الإمساك بها. لنفرض أن عاملا صبورا وماهرا استطاع أن يجمع ذرات هذا الحديد وأن يعيد لها لُحمتها ومقاومتها وكل صفاتها النافعة، ثم يدخلها إلى المِصهر ويصنع منها رافعة. ألن يكون بعمله هذا قد خلق رأسمالا لخدمة البشر؟ إن سنتيما واحدا ليس برأسمال تماما، كما أن شريط حديد ليس برافعة، إنه بالكاد قيمة. قليل هم الناس يهتمون لخسران أو ربح سنتيم واحد، ذلك أن سنتيما واحدا لا ينفع في شيء. لكن الشخص الذي يستطيع بطريقة شريفة أن يحصل على هذا السنتيم الحقير من كل واحد من مواطني الأرض، سيتمكن من خلق رأسمال بعشرة ملايين، أي رافعة جميلة قادرة على نقل الجبال".[٨] إن تثمين الأمل وتحيين المحتمل يعني أنه من الآن فصاعدا، كل من لا يأخذ في تصرفه بعين الاعتبار تحيينَ احتمال وقوع حدث غير مرتقب، يُشَكِّلُ عامل خسارة فردية وجماعية: فردية نظرا لما ستكون عليه حاله إذا ما تحقق الخطر المحتمل، وجماعية إذ يحرم المجتمع من إمكانية نقل الجبال. إن التأمين يصبح ذا فاعلية اقتصادية بفضل التضامن، وبفضل تحيين المحتمل، إذ التأمين هو الآلية التي بواسطتها نحول الخسارة الممكنة إلى رأسمال؛ إنه في الوقت نفسه تنظيم وقائي وآلية اقتصادية تقلب المؤشرات وتجعل من الخسارة عنصر استثمار. وقيمته تكمن في كونه أكبر من مجرد آلية لتوزيع التبعات.

---

(٨) About (E.), L'Assurance, Paris, 1865, p.35

يقترح التأمين تجربة اجتماعية للخطر المحتمل مرتبطة في الآن نفسه بالليبرالية وبالديمقراطية: فالخطر ابن الليبرالية، لأن هذه الأخيرة فلسفة سياسية تجعل من تدبير الخطر المحتمل عنصرا حكوميا، أي أن على الأفراد أن يواجهوا الخطر المحتمل كي يعوا وعيا حقيقيا هويتهم الحقيقية كما لو كانت مواردهم نابعة من داخلهم على شكل تنبؤ ومن الآخرين على شكل جمعية تطوعية. لكن التأمين هو أيضا ابن الديمقراطية التي تستمد منه هوية التضامن؛ والنتيجة أننا ومنذ قرنين أصبحنا مطالبين باستمرار بالوعي بأنفسنا، إن على المستوى الفردي أو الجماعي، تحت غطاء التأمين.

لقد عرفت هذه الرؤية للخطر المحتمل منعطفا فريدا مع محاولة استخدام التأمين في حل المشاكل الاجتماعية المرتبطة بتطور المجتمع الصناعي، فمع التأمينات الاجتماعية، أضحى التأمين ضروريا، حيث يتعلق الأمر بحماية الأفراد من بعض الأخطار التي سيطلق عليها اسم أخطار اجتماعية. والفكرة مزدوجة، إذ تتوجب حماية كل شخص، بغض النظر عن مدخوله، من هذه الأخطار الموزعة بكيفية غير عادلة داخل المجتمع. وذلك ما يفسره المذهب الاجتماعي الرسمي للجمهورية الثالثة: التضامن. إذا كانت هناك أخطار اجتماعية، فلأن المجتمع هو نفسه من ينتجها من خلال تقدمه دون أن يكون هناك توزيع منصف لها. ويهدف البرنامج التضامني إلى تعويض التفاوت في مواجهة الخطر المحتمل وتثبيت المساواة في الحظوظ. لم يعد التأمين الاجتماعي يجعل من التغطية ضد الأخطار الاجتماعية عملا، بل أصبحت تلك التغطية حقا، حقا للأجير أولا، ثم حقا للمواطن مع التغطية الاجتماعية. إن فكرة تحيين الاحتمال، والتي تترجم اقتصاديا بالرأسملة، تتراجع أمام نوع من المعونة المعممة المعتمدة على التوزيع.

هذه الرؤية للتأمين عرفت امتدادا كبيرا، وأصبحت الميزانية الاجتماعية للأمة تفوق ميزانية الدولة، ولا تزال الهوة تتسع حسب منطق لا تنبئ فيه طبيعة الأخطار المغطاة (صحة، تقاعد) بأنها ستتحول. ورغم ذلك فقد بلغت مصاريف

الحماية حدا يعني تجاوزه تخريب موارد تموينها الذاتية، فالكلفات الاجتماعية ترهق الاقتصاد؛ إنها وجهة نظر معنوية مزدوجة بوجهة نظر اقتصادية: فبدل المساعدة على المخاطرة، نجد مؤسسات التأمين تتسبب في وجود ظواهر ضد-إنتاجية و"إحباطية". فالتأمين لم يعد يفيد في حالة خوض الخطر، بل صار يشجع على عدم الاقتراب منه بالمرة.

لقد تم التساؤل قبل قليل عن الحدود اللازمة للمخاطرة وعن أخطار التعصب لها؛ ونجد أنفسنا هنا أمام وضعية مقلوبة: ليست المغالاة في المخاطرة هي ما يمكن أن يُخشى، وإنما عكسَ ذلك، الخطأُ فيها. وهنا يطرح مشكل التوازن من جديد.

التجربة القانونية للمخاطرة

المسؤولية هي الشكل القانوني للخطر المحتمل، منظورا إليه هاهنا على شكل تهديد أو خطر أو كارثة أو خسائر. ولئن لم تكن المسؤولية آلية نقل للخطر، فهي على الأقل آلية نقل التبعات المترتبة عليه، وهي تبعات ينظم توزيعها داخل المجتمع من خلال قواعد المسؤولية القانونية. وبما أنه ما من سبب إلا وتتبعه مبدئيا نتيجة، فإن كل نشاط للفرد لا يفتأ يؤثر في الآخرين بطريقة لا تفتأ هي الأخرى تغير وضعيته بكيفية ملائمة أو غير ملائمة. وهذا يصح أيضا داخل الأسرة في العلاقات بين الآباء والأبناء وبين الرجل والمرأة. يصح الأمر أيضا في المجال الاقتصادي، حيث تخول المنافسة حق الإيذاء دون عقاب. إننا لا نفتأ نؤثر بعضنا في بعض. والمسؤولية، بالمعنى القانوني، تحدد في الآن نفسه مسؤوليات التفاعلات التي لا ينبغي أن تظل على نفقة من يتحملها، وتنظم القواعد التي يجب أن تتم عبرها هذه الانتقالات في التبعات. وطبيعي أن معظم تأثيرات الحياة في المجتمع لا تفضي إلى إقامة دعاوى تعويضية، وإلا فلأصبحت الحياة مستحيلة؛ فكل ما يتعلق مبدئيا بالأدب والكياسة وكذا النزاعات العائلية لا يسوى في المحاكم. واقتصاد السوق ما كان ليسير لو استطاع الفاعلون فيه أن يشتكوا من كل الأضرار

التي يسببونها بعضهم لبعض باستمرار. وهكذا فإن الفصل ١٣٨٢ من المسطرة المدنية نص على أن الضرر لا يستلزم التعويض إلا إذا كان ناتجا عن خطإ، ويكون بذلك قد حد كثيرا من حرية التصرفات القانونية في مجال التعويض. إلا أن ظاهرة الحوادث التي أصبحت تميز المجتمع الحديث أدت بالتدريج إلى ترسيخ المسؤولية حول مفهوم الخطر المحتمل.

إن الخطر المحتمل هو القالب "الصناعي" لتجربتنا للمسؤولية؛ هذا المفهوم لم يلج مجال القانون إلا في نهاية القرن التاسع عشر، مع بدايات التشريع لحوادث الشغل، وبالتالي مع التقدم الصناعي. وتحديدا، يمكن دعم الفكرة التي مؤداها أن مفهوم الخطر المحتمل قد فرض نفسه من أجل تدبير المشاكل المتعلقة بتوزيع التبعات المرتبطة بالمجتمع الصناعي. فكيف يمكن إذن تصور تجربة المسؤولية هذه كخطر محتمل؟

لنقم بجولة مع أرسطو: إنه يرى أن الإنسان محكوم عليه بالحذر (Phronèsis)... علينا أن نكون حذرين، لأن العالم ناقص ومتقلب، والمستقبل غامض... هذا هو القدر الذي هيأته الآلهة للإنسان: أن عليه أن يكمل بأعماله هو هذا العالم الناقص. إن مصير الإنسان على الأرض هو أن يزيح الغموض بشكل يجعل العالم يسير في طريق الكمال، وذلك بفضل اختياراته. ففي عالم الآلهة، حيث الدقة الفلكية والقوانين الرياضية الثابتة، لا مجال للمسؤولية إذ لا مجال للشك. في المقابل، فإن قسمة الإنسان، على هذه الأرض المتسمة بالنقصان، أن يواجه الشك وعدم اليقين، وغايته أن يميط هذا الشك؛ ولأجل ذلك عليه أن يختار وأن يقرر وأن يتعجل المستقبل في مسار لا يحيد، الشيء الذي يُلزم الأجيال التالية ويستلزم بالتالي أن تكون هذه الخيارات "حذرة" أو حسب المصطلح الشائع "مسئولة".

وحسب خط سير النموذج الأرسطي للحذر، يمكن أ ن يُستدَلّ، في تاريخ الغرب، على البنيات الكبيرة للخيارات أو القرارات التي من خلالها اندفع عالم متفرد وتدبر حدوده في الوقت نفسه. والخيار الصناعي إحدى هذه الخيارات، وفي

إطاره اتخذت المسؤولية بصورة جلية شكل الخطر المحتمل: الخطر بالنسبة إلى المقاول أولا، منذ القرن الثامن عشر، والخطر المهني المتمثل في حوادث الشغل في القرن التاسع عشر. أخطار اجتماعية مرتبطة بالأُجراء، لكن لا ننسى أيضا الأخطار الصحية والتكنولوجية والأخطار البيئية.

تنطوي تجربة الخطر المحتمل هذه على ثلاثة أبعاد.

أولا بُعد القوة، حيث نجد أن مشاكل المسؤولية والخطر المحتمل مرتبطة اليوم بالقدرات التقنية العجيبة المعمول بها، إذ إن "إرادة القوة" الصناعية، كما كان سيقول نيتشه، تتكرس عبر تدابير تقنية عالية الفعالية. لقد تمت الإشارة لهذا عدة مرات، كما تم إخراجه ووصفه وتصوره. وبالفعل فإنه لا مراء في أن القوة الصناعية في نهاية هذا القرن لم تعد مرتبطة فقط بالحوادث، بل أيضا بالكوارث. إننا نعيش الوعد الصناعي كما لو كان يحمل في طياته تهديدا بكارثة: فحين أعلنت كبريات الشركات التي تصنع "الأعضاء المحولة جينيا" أنه بفضلها سيتم القضاء على الفقر في العالم، وأن المشاكل البيئية المتعلقة بالفلاحة أصبحت من الماضي، فإن الكل قد أحس كما لو أن هذا الإعلان كان ناقوس خطر، خصوصا إذا ما تعلق الأمر بظواهر قوة عملاقة. إنها الفرضية القضية التي طرحها Hans Jonas في كتابه مبدأ المسؤولية:[٩] إن القوة الصناعية الحديثة قوة مُفرطة، قوة تجعل أفق مسؤوليتنا يمتد على مدى جد بعيد... نحن مسئولون عن الأجيال القادمة. لقد ميز الرواقيون، ومن أجل تحرير الإنسان من مخاوفه، بين "ما هو بإرادتنا وما هو خارج عن إرادتنا"، علما أننا لا نتجاوب إلا مع ما هو بإرادتنا. لكن المشكل أنه مع القوة الصناعية، يبدو وكأنه لم يعد هناك شيء خارج عن إرادتنا، ومن ثمة فلا حدود للمسؤولية، الشيء الذي يتسبب في الكثير من القلق. إنها لا تترك أي مجال للبراءة كما يشهد على ذلك تخفيف قانون المفاهيم في حالات الطوارئ والضرورة

(٩) Jonas (H.), Le Principe responsabilité, trad. Franç. Par Jean Greish, Paris éditions du Cerf, 1990.

القصوى. إلا أن هذه اللاحدود في المسؤولية ليست سوى انعكاس إدراكنا للقوة الصناعية الحديثة.

أما البعد الثاني لتجربة مسؤولية الخطر المحتمل، فيهم بعلاقة البشر بعضهم ببعض. فالتكنولوجيا ليست مجرد علاقة مع الطبيعة، بل هي أيضا علاقة اجتماعية، وبصورة أكثر دقة، فإن قوة المجتمع الصناعي تتجلى من خلال العلاقات السلطوية، وهذان المفهومان غير متماثلين أساسا، فالتقنيات الحديثة تؤدي إلى التبعية لا إلى المساواة، إذ كلما تطورت المجتمعات تكنولوجيا قلت قدرتها على اتباع نموذج تعاقدي. فبين المستخدِمِ والمستخدَم هناك لا تماثل مكرس بمفهوم عقدة العمل التي تنظم تبعية الثاني للأول وكذا مشاطرة الخطر المحتمل. هناك أيضا لا تماثل بين المنتج والمستهلك، وبين المحترف وغير المحترف. هذا اللاتماثل هو منبع قانون الاستهلاك، وهو الذي تنصب قضايا المسؤولية اليوم بشكل أساس على معالجته. ويمكن الاعتقاد بأن هذا من ضمن الأسباب التي تجعل مشكل الحوادث الطبية يحتل مركز الصدارة في المناقشات الحديثة حول المسؤولية. فعلاقة الطبيب بالمريض علاقة لا متماثلة أساسا، في حين لا يزال يُنظَر إليها قانونيا على أنها تعاقد مع ما يتضمنه هذا الأخير من تقاسم للخطر المشترك. إن هذا البعد للاتماثل مع ما ينتج عنه من إحساس بالتبعية، هو ما نجد في قلب الأحداث الضخمة في فرنسا، والتي تُطَعِّم الأحداث منذ بداية سنوات ١٩٩٠ مثل الدم الملوث والأمينت وجنون البقر. إن الضحايا يعلمون أنهم قد أقحِموا في وضعية خطرة كان أصحاب السلطة في المسار الصناعي على علم بها واختاروا رغم ذلك أن يجعلوهم يخوضونها دون إنذارهم بذلك. إن التبعية تتجلى في مصير ما بعد الإصابة. فالخطر المحتمل ليس مجرد خطر، بل هو رابطة اجتماعية: إنه العلاقة بين من يمتلك القوة التكنولوجية وبين من يستفيد منها أو ربما يتكبد عواقبها.

قوةٌ إذن في العلاقة بالطبيعة، وسلطة في علاقة الناس فيما بينهم؛ ويبقى بُعد ثالث في التجربة القضائية للخطر المحتمل، هو المتمثل في الأضرار. ففي المجتمع

الصناعي، يُعتبر ألا مناص لأي عمل أو لأي مشروع من الخطر المحتمل. وهذا ما أشار إليه Raymond Saleilles منذ قرن مضى، في تعليقه على التشريع الجديد حول المسؤولية عن حوادث الشغل: "إن الحياة المعاصرة هي أكثر من أي وقت آخر مسألة مخاطر".(١٠) ولنفهم من هذا أن الخطر المحتمل شيء طبيعي؛ إنه أمر لا نزاع حوله هو في حد ذاته، يتعين فقط أن يُنَظَم توزيع تبعاته. "لا يتعلق الأمر بفرض عقوبة، وإنما بمعرفة من عليه أن يتحمل الخسائر، ومن الذي تسبب بها ومن الضحية. فالمنظور العقابي ليس مطروحا، والمنظور الاجتماعي وحده على الساحة. إن القضية لم تعد تتعلق بالمسؤولية، لكنها أضحت قضية أخطار: من سيتحملها؟ من وجهة نظر منطقية وقانونية، يجب قطعا أن يتحملها الشخص الذي أخذ على عاتقه، بتصرفه، عواقب فعله وأعماله".(١١) إن اشتراط أن يكون أي نشاط أو مشروع غير ذي خطر على الغير لأجل القبول به، أمر غير وارد؛ ما يشترط هو ألا تترك تبعاته للمتضررين، وأن يتحملها من كان السبب فيها. هذه التحويلات ينظمها قانون المسؤولية على أساس الخطر المحتمل. وعليه فقد نشأت مسؤوليات موضوعية، ومسؤوليات افتراضية ترتكز على تحميل تبعات الخطر المحتمل لمن تسبب فيه أو للمستفيد منه. إن الإجابة على الخطر المحتمل هي إذن التعويض أكثر من الوقاية، أي التأمين الذي عرف لهذا السبب تطورات مهمة مع تعدد التأمينات الضرورية للمسؤولية (يوجد منها بفرنسا حوالي المائة). وحتى وقت قريب، لم يهتم أحد بهذا العقد الاجتماعي الجديد – عقد التضامن – الذي يصبح الخطر المحتمل وفقه مقبولا ما دام هناك تعويض، وما دامت التبعات لا تلقى على عاتق الضحية.

إننا نشهد حاليا انعطافا ملحوظا في هذا التصور. فالمشكل لم يعد يرتكز على تعديد المسؤوليات حول الخطر المحتمل وتنظيم الوفاء بالدين من طرف

---

(١٠) Saleilles (R.), les Accidents du travail et la responsabilité civile, 1987, p.4.

(١١) المرجع السابق نفسه.

المسئولين بواسطة التأمين، بقدر ما يهدف إلى منع بعض الأخطار من الوقوع. فالوقاية إذن لم تعد تكتفي باستباق التعويض، بل إنها تحاول أن تتوقى حتى من الأخطار غير المؤكدة. إنها الحيطة... ولهذا عدة أسباب، أولها ودون أدنى شك التحول في طبيعة الخسائر، التي أصبحت تتجاوز الحوادث الفردية إلى حالات الكوارث، وأصبحت الأرقام تتجاوز حدود استطاعة المؤتمن والمعوض. هناك أيضا نوع من إعادة تقييم ثمن الخطر المحتمل، ويوجد سلم جيد لتحديد هذا القياس الجديد: فخلال حرب ١٩١٤-١٩١٨، كان بإمكان جنرال أن يرسل ٣٠٠ ٠٠٠ رجل للموت كراديس متتالية من خمسة عشر رجلا كما الحال في معركة Chemin des Dames. أما اليوم فلا يمكن الخوض في حرب إلا ب"احتمال صفر للخطر". إنه تحول فريد في القيم: فحسب الميزان التقليدي تكلفة-فائدة، كان يكفي أن تكون الفوائد أكبر من المخاطر كي يسمح بخوض هذه الأخيرة، وبالتالي كان هناك قَبول لبعض الخسارة مقابل المخاطرة. أما اليوم، فإن هناك ميلا إلى قياس الخطر انطلاقا من هذه الخسارة: ما الذي يستحق أن يضحى بها لأجله؟ هل الذين سيتكبدونها ليست لهم القيمة نفسها التي للآخرين؟ هذا هو نموذج التقييم الذي يكمن وراء إشكالية "الدرجة صفر من الخطر".

إن فلسفة الحيطة لا تؤدي، كما سبق القول، إلى الرجوع من الخطر إلى الخطإ، بل تعمل حسب إعادة تقييم مزدوجة للأخطار المحتملة، وذلك بالأساس تبعا للقوى التكنولوجية التي نركب اليوم متنها ونحن على وعي تام بأننا لا نملك بعدُ زمامها. إننا نواجه نوعا من الإفراط في القوة على حساب القدرة، لا ندري كيف نصنفه قانونيا: أهو خطر التقدم أم مفهوم الاحتياط حسب تموضعنا إن على المستوى القانوني أو السياسي. وأيضا لأننا نعيش نوعا من ثورة الضحايا الذين أصبحوا يرفضون استخفاف المعادلة التقليدية لقبول الأخطاء المحتملة، والذين لا يحتجون على مبلغ التقديرات ولكن على العلاقات السلطوية المرتبطة بالأخطار

التكنولوجية. ثورتهم هذه خلقت نوعا من الميل إلى تقييم الخطر المحتمل انطلاقـــا مما كان إلى الآن يعتبر أمرا مُهمَلا.

هنا أيضا نستطيع أن نلاحظ أن تجربة الخطر تجربة محدودة. وإزاء التفوق في القوة الذي هو ملك لنا من الآن فصاعدا (والذي يقاس بعدم قدرتنا على قيـــاس انعكاساته)، وعلاقات اللاتماثل وما تتضمنه من تبعية (مع ما تتسببه من إحســـاس بضياع الاستقلالية)، وضخامة الحوادث التي تقع، أليس من الأنسب، إن لـــم نقـــل التوقف، فعلى الأقل أخذ فترة استراحة تتيح لنا استعادة السيطرة علــــى الســـيرورة التي تهيمن علينا؟ إن زمن الحيطة هو زمن تأجيلٍ للديون لا إلغاءٍ لها.

هذه الأبعاد الثلاثة، المعنوية والاجتماعية والقانونية، لا تســـتوفي التجربـــة الحديثة للخطر المحتمل. ولو أردنا الإحاطة بها من كل الجوانب فسيلزم أن نضيف إليها التجربة العسكرية التي هي بلا مراء إحدى أقـــدم أشـــكال تجربـــة الخطـــر، وتجربة القمار التي احتلت منذ باسكال حتى فون نُويمان وموركنســـتورن مكانـــة مماثلة في تعقيد السلوكات حيال المخاطرة، ولا تزال ذات حضور قوي في عـــالم المال، والتجربة الطبية التي أصبحت تحتل مركز الصدارة في تصـــورنا للخطـــر المحتمل نظرا للتقدم الطبي ولجوء المجتمع للتداوي. ويجـــب أن نضـــيف أيضـــا التجربة النفسانية، حيث يبدو الخطر المحتمل مظهرا من مظاهر الارتباط المتبـــادل في الفردانية الحديثة.

لم يكن هدفي أن ألم بالموضوع من جميع جوانبه، بل أردت فقـــط أن أفهـــم كيف يحتل الخطر المحتمل مكان القلب من المجتمع الحديث، لا بسبب التهديـــدات التي تثقل كواهلنا فحسب، وإنما وبصورة أعمق بما الخطر مبدأ عـــام للتقيـــيم. إن المجتمع الحديث، وفي إطار بحثه عن مبدأ القيم في المخاطرة، يجد نفسه مضـــطرا لأن يخضع لجدلية هذه الأخيرة؛ وفلسفة المخاطرة إذا كانت تشجع على التضـــحية، فإنها تضع لها في الوقت نفسه حدودا...

إن تجربة المخاطرة تشكل للمجتمع الحديث نوعا من التجربة المحدودة. فما هي الخطوط التي يجب عدم تخطيها؟ في الوقت الذي يثمن المجتمع الحديث فيه المخاطرة والمغامرة والمشاريع، فإنه يحاول أن يضع لها مقياسا. وعليه، فهي عنصر تقييم وتحريض وعمل، وأيضا عنصر حصر وتقييد ومنع. وبين إعطاء المخاطرة قيمة أكثر مما تستحق وإعطائها أقل مما تستحق، فإن الإنسان يسقط فيما هو لا إنساني. لا مجال إذن لمقابلة فلسفتي المخاطرة والحماية: ففلسفة المخاطرة هي فلسفة الحماية بشكل غير قابل للانفصال، والمخاطرة والتأمين لا يتعارضان كمادتين مستقلتين، إذ الأولى إيجاب ونفي في الوقت ذاته. إنها بحاجة إلى أن تُتجاوز في إطار المشروع الضروري لتخطي الحدود المكتسبة، وكذلك في إطار المعرفة النقدية لخطر تجاوز الحدود. لذلك فإن الإنسان الحديث بارتباطه بالمخاطرة قد أعطى لنفسه إحساسا أبديا بالقلق، بل أكثر من ذلك، فقد كرس نفسه لقلق المسؤولية،

"... القلق الغامض

الذي يجعل الإنسان يخشى رغبته المتحققة".(١٢)

---

(١٢) فكتور هوجو، أوراق الخريف.

الأخطار المتصلة بالحوسبة:
تبعية أم ثقة ؟[١٣]

بقلم جون-كلود لابرى

Jean-Claude LAPRIE

لقد أصبح مجتمعنا متوقفا على الإعلاميات في جميع مستوياته: على مستوى الأشخاص، والأجهزة التي تشغلنا، والبنيات التحتية الأساسية لأوطاننا. إننا كأشخاص نودع أعز ممتلكاتنا لأنظمة معلوماتية: أموالنا مثلا عن طريق البنوك، وحياتنا حين نتنقل، سواء بواسطة القطار، أو بصورة أبلغ، بواسطة الطائرة. لقد أصبح من المستحيل أن نتصور الأنشطة اليومية للشركات والأجهزة التي نعمل بها بدون الإعلاميات. إن البنيات التحتية الأساس لأممنا (إنتاج وتوزيع الطاقة، والاتصالات السلكية واللاسلكية، وأنظمة الصحة) هي أيضا تابعة بشكل دقيق للإعلاميات.[١٤]

لقد استشعرت هذه التبعية بصفة خاصة وبمرارة أثناء وقوع أحداث تظهر العجز، مثال لاجاهزية شبكة الهاتف الرابط بين المدن في الولايات المتحدة (يناير ١٩٩٠)، وفشل الرحلة الافتتاحية لصاروخ Ariane5 (يونيو ١٩٩٦)، والاختناق الضخم لبوابات الويب (فبراير ٢٠٠٠).

---

(١٣) نص المحاضرة رقم ٢٩٥ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢١ أكتوبر ٢٠٠٠.

(١٤) Commission on Critical Infrastructures Protection, Critical Foundations _ Protecting America's Infrastructures, Report of the President's Commission on Critical Infrastructures Protection, oct. 1997.

وهذا ما يقود إلى السؤال التالي: هل الثقة التي نولي للإعلاميات هي في مستوى تبعيتنا لها؟ الجواب متواجد في مضمون أمن سير العمل الإعلامي.[١٥]

أمن سير العمل

إن سير أمن العمل، أو بمعنى آخر قدرة جهاز ما على تسليم خدمة قمينة بالثقة المبررة لمستعمليها، يجمع ويعمم خاصيات المرونة والاستعداد والأمن فيما يخص العجز الكوارثي (باختصار "الأمن-عدم التضرر")، والاندماج والسرية والصيانة. إنه يُؤمّن السلامة بالنسبة للاستعمالات غير المرخصة للمعلومات، المسماة "السلامة الإعلامية" أو "السلامة- السرية" لتمييزها عن السلامة- عدم التضرر، والمحددة عبر السرية والإدماج والجاهزية.

إن الهفوات وأسبابها أو بمعنى آخر الأخطاء، تعيق الحصول والإبقاء على خاصيات أمن سير العمل في مستوى مرض. ونميز عموما بين الأخطاء المادية (الناتجة عن الأغلاط المرتكبة أثناء صنع الأنظمة)، والأخطاء التفاعلية (الناتجة عن أخطاء في السيرورة أو الاستعمال العملياتي للأنظمة، أو في صيانتها). وعادة ما تقع هذه الأخطاء المادية عن غير قصد، بينما يمكن أن تكون أخطاء الصنع والتفاعل غير مقصودة، كما يمكن أن تأتي نتيجة قرار تعمدي، بدون نية الضرر أو بقصدها؛ وفي هذه الحالة يتعلق الأمر بسوء النوايا.

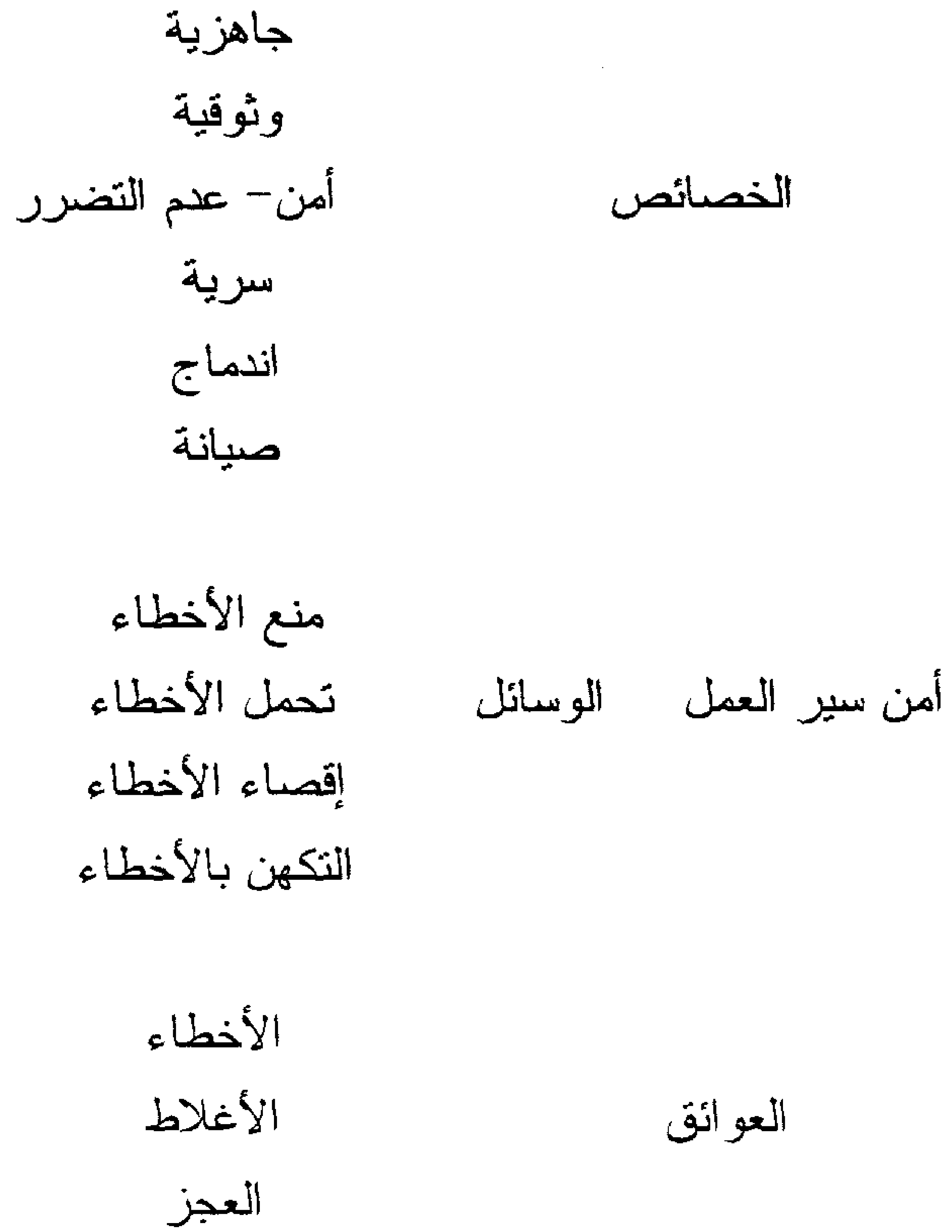
يعتمد تطوير أنظمة عمل ناجعة على منع وقوع الأخطاء، وعلى تحملها متى وقعت وإقصائها والتكهن بها. فمنعها يهدف إلى الحيلولة دون المصادفة أو إقحام الأخطاء؛ وتحملها يمكن نظاما ما من توفير مصلحة تقوم بمهامها رغم

---

(١٥) Laprie (J.-C.), Arlat (J.), Banquart (J.-P.), Costes (A.), Crouzet (Y.), Deswarte (Y.), Fabre (J.-C.), Guillermain (H.), Kaâniche M.), Kanoun (K.), Mazet (C.), Powell (D.), Rabéjac (C.), Thévenod (P.), Guide de la sûreté fonctionnement, Toulouse, Cépaduès Editions, 1995.

الأخطاء؛ وإقصاءها يهدف إلى تقليص تواجدها؛ والتكهن بها يهـدف إلـى تقيـيم حضور وخلق وعواقب الأخطاء.

نستطيع أن نلخص المفاهيم المذكورة في هذه الفقرة على شكل شجرة، كمـا يبين ذلك الرسم رقم ١:



رسم رقم ١ - شجرة أمن سير العمل

هيمنة أخطاء الحبكات الإعلامية

يتضح إحصائيا أن أخطاء التصور وبالتالي أخطاء الحبكات الإعلامية، هي اليوم أول مصدر لما يقع من خلل في الأنظمة المعلوماتية.[١٦]

يعود الخلل في النظام المعلوماتي إلى خروج (أو إخراج) خطإ كـامن مـن حالة الكمون التي كان عليها. ونعني بالخطإ الكامن عيبا أفلت من سلسلة المراقبـة والتحقق التي تخضع لها الحبكة خلال مسار التطوير، لتخليصها من العيوب التـي تلحق بها من أثر الأخطاء الواقعة خلال هذا المسار. ولأجل إعطاء فكرة واضـحة عن الحال التي عليها الأمور اليوم، نقول إن كثافة الأخطاء التي تنجم عنها عيـوب خلال مسار التطوير تتراوح بين ١٠ و ٢٠٠ خطإ عن كل ألف سطر قابل للتطبيق، في حين تتراوح كثافة الأخطاء الكامنة التي أفلتت من المراقبـة بـين ٠،٠١ و ١٠ أخطاء عن كل ألف سطر. ويرافق هذا الاختلاف الكبير في كثافة الأخطاء عن كل صنف على حدة، اختلاف مماثل في الجهود التي خصصت للتطوير، والتي تتراوح بين ٠،١ إلى ٠،٥ عامل بشري/سنة بالنسبة إلى الكثافات العليا، حين يتعلق الأمـر بحبكات كبيرة الحجم (بضع مئات من ألوف السطور المشفرة إلى بضـعة ملايـين منها)، مخصصة لتطبيقات حرجة بالمفهوم الاقتصـادي (الاتصـالات والأنظمـة التبادلية)، وبين ٥ إلى ١٠ عامل بشري/سنة بالنسبة إلى الكثافات الدنيا، حين يتعلق الأمر بحبكات إعلامية صغيرة الحجم (بضعة آلاف أو بضع عشرات الآلاف مـن السطور المشفرة)، مخصصة لتطبيقات حرجة بمفهوم أمـن الأفـراد (كـالطيران

---

(١٦) Cramp (R.), Vouk (M.A.), W. Jones, « On operational availability of a large software-based telecommunications system », Proc. 3rd Int. Symp. On Software Reliability Engineering, Research Triangle Park, North Carolina, oct. 1992, p. 358-366.
Gray (J.), « A census of Tandem system availibility between 1985 and 1990 », IEEE Trans. On Reliability, vol.39, n°4, oct. 1990, p.409-418.
Wood (A.), « Non Stop availibility in a client/server environment », Tandem Technical Report 94.1, march 1994.

وحراسة المنشآت النووية وإشارات السكك الحديدية)، أو لتطبيقات لا يكون فيها مجال للتدخل من أجل الإصلاح متى وقع الخلل (ميدان الفضاء خصوصا). وأخيرا، فإن الجزء المخصص من مجهود التطوير للفحص والمراجعة يتراوح بين ٤٠% على الأقل بالنسبة إلى الصنف الأول من الحبكات الإعلامية المذكورة، و٧٥% بالنسبة إلى الصنف الثاني.

في ما يلي من هذا الحديث، سنبدأ بتفحص المقاربات المعتمدة حاليا في الحد من كثافة الأخطاء المخلوقة والكامنة، التي تعد أهم معيار تقاس به نوعية الحبكة. فمن الأرقام التي ذكرناها، يتضح أنه، باستثناء بعض الحالات الممكنة والتي لا شيء يؤكد وجودها، فما من حبكة إعلامية إلا وفيها مكان تركن فيه أخطاء كامنة. ولهذا السبب وجب تزويد الحبكات جميعها بإجراءات وآليات قمينة بأن تجعلها تبدي مرونة حيال تلك الأخطاء، بمعنى أن لا يختل نظام عملها بمجرد أن تخرج إحدى تلك الأخطاء من حالة الكمون إلى حالة النشاط. وسنهتم بعد ذلك بتفحص المقاربات التي تتوخى الرفع من مستوى الأمان أثناء الاشتغال حتى في حال ظهور أخطاء كامنة، لنختم أخيرا بالحديث عن الوضع بالنسبة إلى إعادة استعمال حبكات إعلامية في إنتاج حبكات أخرى، وبخاصة ما يعرف منها باسم المكونات المتوفرة فوق الرفوف (COTS اختصارا لعبارة Commercial Of-The-Shelf).

تحسين النوعية:
الحد من عدد الأخطاء المخلوقة والأخطاء الكامنة

في مقابل كثافة معينة من الأخطاء المخلوقة، فإن الحد من عدد الأخطاء الكامنة يمر عبر الرفع من نوعية الأنشطة الهادفة إلى القضاء على الأخطاء وتصحيحها أثناء التطوير، أي تحسين نوعية المراجعة والفحص. ولا يكاد يجادل اليوم أحد في أن عملية المراجعة والتصحيح ينبغي أن ترافق كل خطوة من خطوات تطوير وإنشاء الحبكة الإعلامية. فكلفة إصلاح الخطإ تزيد كلما تأخرنا في

إصلاحه، وإصلاح خطإ خلال المرحلة ذاتها التي خلق فيها ذلك الخطأ يكون دائما أقل كلفة من إصلاحه في المرحلة التالية. وعلى سبيل المثال، فإن إصلاح خطإ متعلق بالتعيين خلال مرحلة التعيين ذاتها أيسر من إصلاحه خلال المرحلة التالية، أي مرحلة التركيب، وخير بكثير من إصلاحه في المرحلة التي تلي هذه، أي حين الانتهاء من التشفير.

هناك قسمان رئيسان من أساليب المراجعة، أولهما قسم الوسائل الثابتة statiques، التي تقوم على مراجعة التعليمات وإعادة قراءة الشفرة، وثانيهما قسم المراجعة الديناميكية، التي تضم مختلف أنواع الاختبارات (من تحديدية وثابتة). وعلى حين كان يُكتفى بالاختبارات فيما مضى، فإن عمليات المراجعة قد أبانت عن نجاعتها، سواء عبر قدرتها على اكتشاف الأخطاء من بداية تطوير الحبكة، أو عبر فعاليتها التي تفوق فعالية الاختبار فيما تعلق بعدد الأخطاء المكتشفة قياسا إلى مجهود المراجعة المبذول. أضف إلى ذلك أن أخطاء التعيين تعد إحصائيا أكثر أنواع الأخطاء المخلوقة عددا، وأن المراجعة الثابتة هي وحدها القادرة على اكتشاف تلك الأخطاء خلال مرحلة التعيين وعند الانتهاء مباشرة من هذه المرحلة. غير أنه سيكون من الإجحاف الاعتقاد، بناء على ما قلناه، أن الاختبار لا يصلح لشيء، بل إنه يبقى وسيلة أخيرة ولازمة لمراجعة الحبكة.

لأجل الحد من عدد الأخطاء المخلوقة، يتعين بالضرورة تحسين مسار التطوير نفسه. والمرجع في هذا المجال هو بلا منازع ما يعرف باسم Capability Maturity Model (CMM)، الذي يشدد على القياسات الكمية التي ينبغي إجراؤها من أجل اكتشاف وتصحيح النقاط الضعيفة في المسار. وقد أقيم الدليل إحصائيا على أن تفعيل هذا النموذج يفضي إلى الحد من عدد الأخطاء المخلوقة. وتتمثل طريقة أخرى لتحسين المسار في مكننة بعض مراحل تطوير الحبكة الإعلامية، وبخاصة استعمال مولدات أوتوماتيكية لإنتاج الشفرة المنشودة انطلاقا من التعليمات.

وتبقى آخر وسيلة للحد من عدد الأخطاء مخلوقة وكامنة، هي الاستعانة بمقاربات رياضية صورية، تتيح تخفيض عدد الأخطاء المخلوقة بفضل ما يميز المقاربة الرياضية عادة من صرامة وغياب للالتباس، كما تتيح تخفيض عدد الأخطاء الكامنة بواسطة مراجعات رياضية كذلك، إما عن طريق مراجعو النموذج (وهي طريقة تناسب على الخصوص مراجعة التعليمات)، وإما عبر البرهنة على التكافؤ بين المراحل المتتابعة من الحبكة أثناء مسار تطويرها، الذي يعامل حينئذ معاملة سلسلة من عمليات التصفية المتتالية. وقد أتى على الوسائل الرياضية الوصفية زمن كانت فيه مثار شكوك، لكن استعمالها اليوم في تزايد مستمر، سواء بالنسبة إلى الحبكات الإعلامية التي تتعلق بالأمن، والتي ليست شديدة التعقيد، أو بالنسبة إلى الحبكات المعقدة كتلك المستعملة في مجال الاتصالات عن بعد. ولا تزال التحفظات بشأن هذه الوسائل قوية، علما أن اعتمادها يتيح تَبَيُّنَ مدى استحقاق هندسة الحبكات الإعلامية صفة الهندسة التي تطلق عليها. لكن لا ينبغي أن نظن أن استعمال وسائل المراجعة الرياضية يجعل الحبكات في مأمن من الأخطاء، إذ إن مصادر الأخطاء المحتملة متعددة، ومنها على سبيل المثال الفرضيات التي تقوم عليها الآليات الوصفية المستعملة. فالمراجعة تهم شفرة الحبكة وحدها، أما المجمعات فتبقى عرضة للأخطاء.

تحسن مستوى الأمان أثناء الاشتغال: المرونة حيال الأخطاء الكامنة

بما أنه لا مجال للتخلص نهائيا من الأخطاء الكامنة، وأن حاجتنا إلى الأنظمة الإعلامية تزداد يوما عن يوم، فإنه من اللازم الاجتهاد في جعل الأنظمة مرنة حيال هذه الأخطاء، بحث لا تتأثر بخروج تلك الأخطاء من حالة الكمون تأثرا يؤدي بها إلى الخلل أو العجز.

ظلت مسألة المرونة حيال الأخطاء الكامنة لزمن طويل وقفا على الأنظمة التي تتعلق بالأمن، وبخاصة مجالات الملاحة المدنية والسكك الحديدية. وتعتمد هذه الأنظمة المقاربة ذاتها، القائمة على التنوع، حيث يجري تطوير متغيرتين أو أكثر من بين متغيرات الحبكة بشكل منفصل. والهدف من التطوير المنفصل هو جعل تلك المتغيرات مستقلة حيال الأخطاء الكامنة التي تنشط حين اشتغالها. وواضح أن تلك التطويرات تستتبع زيادة كبيرة في الكلفة، مما يجعل هذه المقاربة تنحصر في الأنظمة ذات الدرجة العالية من الخطورة.

ومنذ زمن غير بعيد، اكتشف الباحثون أن أغلب الأخطاء الكامنة هي من الدقة بحيث أن تنشيطها يستدعي هو أيضا تركيبات في مثل دقتها ما بين الحالة الداخلية والتحريضات والضغوط الخارجية الآتية من المحيط. حينذاك فإن تلك الأخطاء تصبح ذات طبيعة معاودة، بما في ذلك صعوبة تحقيق شروط خروجها من حالة الكمون. وتعد المقاربات الساعية إلى تزويد الأنظمة بمرونة حيال الأخطاء المعاودة أرخص تكلفة من نظيرتها القائمة على التنوع. وقد برهنت القيم المسجلة في الهندسات ذات الإقران الضعيف - المهيأة أصلا لإبداء مرونة حيال الأخطاء المادية - على فعاليتها، التي يقدرون أنها تتراوح بين ٨٨ و٩٦ بالمائة اعتمادا على المعطيات التجريبية.

استعمال المكونات المتوفرة فوق الرفوف COTS في تطوير الحبكات الإعلامية

ليس استعمال هذا النوع من المكونات بالشيء الجديد، خصوصا متى أحلنا على الحبكة المعروفة باسم الحبكة الأصل، سواء أتعلق الأمر بالحياة العملية لأنظمة الاستغلال، أو أثناء تطوير المجمعات. أما الجديد، فهو متطلبات الجودة والأمان أثناء الاشتغال، مما يعني أننا حين نستخدم مكونات COTS في نظام نريد

مراقبة جودته عبر التحكم في كثافة الأخطاء الكامنة، أو في نظام نريد أن نحسن من درجة الأمان فيه أثناء الاشتغال عبر جعله مرنا حيال الأخطاء الكامنة، فإن من الضروري أن تكون تلك المكونات منسجمة مع المقاربة العامة:

- معرفة كثافة الأخطاء الكامنة فيها، وإن أمكن فمعلومات دقيقة حول تطورها، وبخاصة المراجعات التي خضعت لها، ولو على الأقل من أجل التأكد من انسجام العناصر فيما بينها أو تحسين نوعيتها.
- معرفة آليات اشتغال المرونة التي تبديها حيال الأخطاء وحيال فرضيات الأخطاء، سواء منها الآليات الداخلية (من أجل التحقق من طبيعة ردة فعلها تجاه الأخطاء الكامنة في ذاتها)، أو الخارجية (للحكم على مقاومتها لمفعول الأخطاء الخارجية) التي تقوم عليها تلك الآليات.

خاتمة: التحدي الاقتصادي

بقطع النظر عن الأمثلة التي ذكرناها، والتي تناولتها وسائل الإعلام بإسهاب كبير، فإن الرهان الاقتصادي الذي يمثل الأمان أثناء الاشتغال رهان لا يستهان به، كما تشهد على ذلك الكلفات السنوية لحالات الخلل التي تصيب الأنظمة الإعلامية:

- ١٢ مليار فرنك فرنسي في فرنسا، تتقسم بالتساوي تقريبا بين الأخطاء العارضة وتلك التي تصنعها أيد عابثة (وهو تقدير لا ينبئ عن الواقع، لأن الإحصاءات لا تهم سوى القطاع الخاص)؛
- أربعة مليارات من الدولارات في الولايات المتحدة الأمريكية،لم تحتسب فيها سوى الأخطاء العارضة التي من شأنها أن تلحق ضررا بالتطبيقات ذات الطبيعة التبادلية (من مصارف وشركات تأمين وحجوزات سياحية وتجارة بالجملة وما شابه ذلك)، مع معدل كلفة عن كل ساعة من ساعات التوقف عن العمل مقداره ٨٠ ٠٠٠ دولار.

- ١،٢٥ مليار جنيه إسترليني في المملكة المتحدة، لا تحتسب فيها إلا الأخطاء ذات الأصل الإجرامي المقصود.

وما ذكرناه يتعلق بحالات الخلل والعجز التي أصابت بالفعل أنظمة في طور الاشتغال. ويضحي الوضع أكثر كارثية متى أضفنا إلى ذلك ما يمضي هدرا من جهد ومال من جراء الحبكات التي يجري التخلي عنها في منتصف الطريق، بسبب ما يكتشف فيها من خلل في مسار الإنتاج، وهي كلفة يقدرونها في الولايات المتحدة وحدها بنحو ٨٠ مليارا من الدولارات سنويا، مع حالات خاصة تبلغ فيها خسارة طرف واحد وحده أربعة مليارات من الدولارات.

المسؤولية والمخاطرة والحيطة[١٧]

بقلم جيل جي مارتن
Gilles J. MARTIN

تقوم الأنظمة القضائية على أربع قواعد أساس، وعلى بضعة أعمدة. والقواعد هي الشخصية القانونية القادرة على تحمل مسؤوليات وعلى التمتع بحقوق، والملكية التي تعتبر قاعدة لحق التملك، والعقدة التي تعد الأداة المفضلة للتبادلات، وأخيرا المسؤولية القانونية، التي ستكون، هي وتشعباتها والعلاقات المعقدة التي تربطها بغيرها من المفاهيم (مثل المخاطرة والحيطة)، موضوع حديثي اليوم.

إذا كان صحيحا، كما ذكر بذلك G. Viney في محاضرة سابقة، أن مفهوم المسؤولية القانونية لم يحتل مكانه في مجتمعاتنا إلا مؤخرا، فما لا جدال فيه أن هذا المفهوم أصبح اليوم أحد أهم بنود العقد الاجتماعي، والبند الذي يتفق الناس جميعا على أن يعالجوا على أساسه، بطريقة قانونية، ما يتعرض له بعضهم – فرادى أو جماعات – من أضرار تصيب ممتلكاتهم أو أشخاصهم أو قيمة من القيم التي يعتقدون أن من واجبهم الدفاع عنها.

أما المخاطرة، فإنها تحتل من الخطابات المعاصرة محل الصدر؛ غير أن الاسم والمفهوم الذي يحمله لم تعد تربطهما سوى قرابة بعيدة بما كانا يعنيان في القرون الوسطى، حين كان يقصد بالمخاطرة ما قد يكتب للسفن أن تلقاه في طريقها من صخور ناتئة تعوق سيرها. والسبب في ذلك هو أن الرياضيين والإحصائيين وعلماء الاجتماع وخبراء التأمين واختصاصيو الكوارث (حتى لا نسميهم جميعا

---

(١٧) نص المحاضرة رقم ٢٩٦ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٢ أكتوبر ٢٠٠٠.

باختصاصيي المخاطرات...)، قد وضعوا أيديهم على اللفظ والمفهوم معا، فحملوهما من المعاني ما لا يتفق إلا بصعوبة مع دلالاتهما القديمة.

لقد كانت العلاقة ما بين المسؤولية والمخاطرة منذ القدم علاقة حميمة وصاخبة عاصفة في آن، حتى أصبحت الثانية منذ القرن التاسع عشر تقوم من الأولى مقام الأساس، جنبا إلى جنب مع الخطإ وفي بعض الأحيان في منافسة مع هذا الأخير.

وأخيرا هناك الحيطة، التي تحيل إلى فضيلة الحكمة عند رب أسرة مسئول - لكنها تحيل أيضا إلى خوف الرجل المبالغ في الحذر - والتي تعاود الظهور اليوم في ثوب "ما بعد حداثي" قشيب لمبدأ الحيطة.

ما أكثر ما كتبه الكاتبون خلال العقد المنصرم حول هذا المبدأ الذي صار اليوم شهيرا، فاستعملوه في محله وفي غير ما محل، مما استثار جدلا واسعا بين أصحاب الشأن من علماء الاجتماع. ومن بين هؤلاءً، أدرك خبراء القانون سريعا أن من شأن هذا القادم الجديد - القادم من الدوائر الدولية حيث وضعه الأنغلو-سكسونيون - أن يعيد رسم جانب مهم من النظام القضائي، وأن يعيد تحديد معالم الحق والمسؤولية.

لكن لا ينبغي أن ننخدع فنظن أن الجدلِ القانوني الذي يتعلق به الأمر هنا هو من النوع التقني البارد الذي يخوضه أهل القانون خوض ذي الشأن في شأنه. فالنظام القضائي، ومعه ومنه قانون المسؤولية، هما الآن الساحة التي سيكون للمفاهيم الإيديولوجية - بالمعنى الأول المستفاد من الكلمة - أن تعبر فيها عن نفسها بكل وضوح، في صفة الطريقة التي يتمثل بها الناس علاقاتهم مع الأضرار التي تلحق بهم، وردود الفعل التضامنية أو الأنانية، أو حتى القمعية أو الانتقامية، التي يمكن أو يفترض أن تستثيرها تلك الأضرار.

وبتعبير أوضح، فإن التقريب ما بين هذه الكلمات الثلاث - المسؤولية والمخاطرة والحيطة - في مفهومها القانوني، يعني رواية قصة الطريقة التي يتعامل بها الناس مع هشاشتهم تجاه المخاطر التي تهددهم، والطريقة التي يتفقون على التصرف بها تجاهها.

ربما يجدر بنا أن نحدد موقع كلامنا هذا من الزمان ومن المكان.

أما من حيث الزمان، فنحن هنا لا نُعنى "سوى" بالمرحلة التي تمتد من بدايات المجتمع الصناعي إلى أيامنا هذه. وأما في المكان، فنحصر تحليلنا في مجال حقوق الأسرة الرومانية، وقانون Common Law، مع إيلاء الأفضلية للقانون الفرنسي. وتحديدنا هذا لمجال الملاحظة يتيح لنا أن نبدي ملاحظتين اثنتين:

أما أولاهما، فهي أنه من الممكن تبيان أن المسؤولية القانونية التي كانت في أول الأمر تتجاهل وجود المخاطرة، قد جرى إغناؤها رويدا عبر أخذها إياه بعين الاعتبار، وهو إغناء أفضى في نهاية المطاف إلى تخمة حقيقية، أفقدتها أحيانا معالم طريقها، وفتحت المجال أمام النقد بمعناه الأول الرجعي، أي نقد ينادي بضرورة الرجوع إلى "العصر الذهبي" أو ما يسمونه كذلك، عصر الخطإ التقليدي.

وليس هذا الوضع بغير ذي صلة بما حدث خلال السنوات ١٩٨٠-٢٠٠٠ من ظهور لمفهوم أو مبدأ (ولندع التسميات إلى ما بعد) الحيطة. من هنا ثانية الملاحظات، إذ يجدر أن نتساءل كيف وإلى أي مدى جاءت الإحالة إلى الحيطة لتجدد، وربما لتقلب رأسا على عقبٍ، هذا الصرح الذي لم ترسخ أركانه بعد، ونعني قانون المخاطرة.

كانت أولى مراحل إغناء قانون المسؤولية
أخذه للمخاطرة بعين الاعتبار

مضى على مفهوم المخاطرة زمن طويل بقي فيه خارج دائرة القانون، أو على الأقل مركونا في الهامش منها. فالقانونيون لم يكونوا يأخذونه بالاعتبار، وإن فعلوا فبصفته قضاء وقدرا. فحتى حوالي عام ١٨٢٠، لم تكن هذه اللفظة تعني إلا ما هو من قبيل الكوارث الطبيعية، من "عواصف وبَرَد وفيضانات وجائحات تضرب الماشية وحرائق وما شابهها، بقطع النظر عن كل ما يمكن أن يكون الإنسان سببا فيه"، كما كتب في ١٨١٦ شخص يدعى Barrau في مصنفه عن "الكوارث والحالات العارضة"، مقترحا أن ينشأ لأجل ذلك نظام واسع للتأمينات.

كانت المخاطرة بهذا عنصرا مخربا من المنظور القانوني، إذ تمنع حبل المسؤولية من الاتصال، بتبرئتها طرفا كان يمكن، عبر مقاربة أولية، أن تسند إليه تلك المسؤولية وتلقى على عاتقه. والواقع أنها تلغي طرفا مهما في المنظومة هو المسئول، بحكم أنها تعفي من المسؤولية طرفا كان يمكن تحميله الذنب، فتميز بذلك بين شخصين ما اعتاد القانون التمييز بينهما. فالمسؤولية، سواء أكانت مدنية أم جنائية، لا يمكن أن تقوم إلا متى كان هناك طرف محدد يمكن تحميله إياها، أي متى ارتُكب خطأ من قبل طرف محدد ومعروف، وهو ما يهدم منه مفهومُ المخاطرة بالذات القواعدَ إذ يلغي من أركانه ركنا أساسا. فالمخاطرة في أكثر صورها اكتمالا تتخذ من الناحية القانونية شكل قوة غاشمة لا مرد لها ولا سبيل إلى التنبؤ بها، وبالتالي لا مجال لتحميل أحد تبعات المسؤولية عنها. أما الضرر الناتج عن الحدث، فبحكم أنه لا يمكن تحميل مسؤوليته إلا لله أو للشيطان أو لسوء الطالع، فليس هناك من سبيل إلا احتماله بصبر من قِبل الضحية التي ينظر إليها حينذاك – من منظار لا يخلو من بعض التهكم – بصفتها المؤمن المصاب...

من هذا المنظور، لا يمكن أن تنتظر الضحية أكثر من نوع من الصدقة من قبل الآخرين يدلون إليها بها شفقة، أو يدا تمتد إليها من حبيب أو قريب. أما

الحديث عن مساعدةٍ منظمة اجتماعيا وقانونيا تتوخى التحمل الجماعي لتبعات الكارثة، فلا مجال له هنا.

وقد كان لا بد من انتظار العصر الصناعي بما حمله من أضرار متعددة، اتخذ بعضها صفة الكوارث الحقيقية، كي تبرز ثم تتطور مقاربة جديدة لمفهوم المخاطرة، وهي مقاربة ستقلب رأسا على عقب مفهوم المسؤولية، وبخاصة منها المسؤولية المدنية.

وقد حاول بعض الفقهاء القانونيين التقدميين، مثل Saleilles وJosserand على الخصوص في فرنسا، أن يطوروا فكرة – لا شك أنها حاضرة منذ زمن في المذهب الألماني – مؤداها أن الحوادث التي نضفي عليها صفة "القضاء والقدر" لا تستحق كلها تلك الصفة، وأن "المخاطرة، كما يقول François Ewald ليست في الطبيعة وحدها، وإنما هي أيضا في الإنسان... في المجتمع".

فإضافة إلى "القضاء والقدر" الذي يحم فجأة في شكل مصيبة لا يتوقعها أحد وبالتالي لا يستطيع أحد لها ردا ولا يمكن تحميل تبعتها لأحد، ينبغي أن يؤخذ كذلك في الحسبان التنظيم الاجتماعي، وتنظيم المقاولة، وتنظيم الخدمة، ومدى المبادرة إلى الأخذ بأسباب التقدم التكنولوجي والاستفادة من ثماره من آلات وتقنيات، ومدى الحرص على المردودية والربح، وهي كلها عناصر لا شك أنها لا تعود إلى خطإ مباشر، لكنها تحمل في طياتها مخاطر وأضرارا لا يعقل تحميل تبعاتها للضحايا وحدهم.

هكذا وفي ما يشبه المفارقة، فإن مفهوم المخاطرة، بقدر ما يبقى عاملا محرِّرا من التبعات، يصبح في بعده الإنساني والاجتماعي مبررا ومحددا لتلك المسؤولية.

وستتكفل المنظومة القانونية بشكلنة هذه المقاربة بطريقة بسيطة، عبر فكرتين مختلفتين على قربهما من بعضهما، هما فكرتا "المخاطرة المخلوقة" و"المخاطرة–الربح".

أما الفكرة الأولى، فمؤداها أن تبعات إدخال المخاطرة على الحياة الاجتماعية يجب أن يتحملها من كان وراء دخولها لا الآخرون. وبالتالي فكل نشاط منطو على مخاطر، حتى وإن لم تترتب على تلك المخاطر مسؤولية مباشرة، ينبغي أن يلزمه إجبارٌ على الإصلاح.

أما الفكرة الثانية، فتقوم على أن الفرد التي يستفيد من نشاط يقوم به، ينبغي له أن يتحمل في مقابل ذلك تبعات نشاطه وما يمكن أن ينجم عنه من أضرار. فالبحث عن رفع المردودية من خلال استعمال آلات جديدة أو استعمال عدد أكبر منها، أو عبر تشغيل أُجَراء جدد، أو عبر تطبيق تقنيات جديدة في الإنتاج، تؤسس كلها لميلاد مسؤوليات جديدة.

وتعد هذه الطفرة خطوة اجتماعية جبارة إلى الأمام، لأنها في المقام الأول وجدت لها أكثر ما وجدت من التطبيقات في مجال حوادث الشغل مع قانون ١٨٩٨، ثم لأنها أحدثت لأول مرة منذ زمن بعيد - على مستوى الإجبار والإصلاح على الأقل - ولصالح الضحايا فقط، انفصاما في الصلة بين المسؤولية القانونية وبين الذنب. فصاحب المسؤولية القانونية مطالب بالتعويض عن الضرر، ليس عقابا له على خطإ ارتكبه، بل لأن وضعيته أو نشاطه ينطويان على أخطار قد تحقق بعضها في صفة أضرار أصابت الآخرين.

وتبعا لذلك لا تبقى الضحية "مؤمنا مصابا"، ولا تبقى مرغمة على الاكتفاء بصدقات الآخرين ومظاهر تضامنهم وتعاطفهم الإنساني، بل تصبح صاحبة حق معترف لها به، هو الحق في التعويض.

هذه الخطوة الاجتماعية الجبارة لا يمكن بطبيعة الحال تحقيقها ما لم تقم وتتطور "تنظيمات" معقدة تتيح تارة جعل المخاطرة شأنا مجتمعيا عبر نشره على المجتمع كافة، وطورا جعله شأنا جماعيا عبر توزيعه على الأقل فيما بين أفراد مجموعة معينة.

أما "التكنولوجيات" المعتمدة – لأن الأمر يتعلق بالفعل بتكنولوجيات – فإنها تترجم هي أيضا مقاربات مختلفة، إن لم يكن للمخاطرة في حد ذاتها، فعلى الأقل للطريقة التي ينبغي مواجهتها بها وتَحمُّلها.

ففيما تنتظم بعض تلك التكنولوجيات حول قيم التضامن، فتطلب من كل فرد أن يسهم بما استطاع الإسهام به، فإن بعضها الآخر – أي تقنيات التأمين – تجعل من المخاطرة واحتمال وقوعها ومدى خطورتها بالمقياس الإحصائي، القاعدة التي على أساسها يحسب مقدار ما ينبغي لكل واحد أن يسهم به. ومعلوم أن الجدل بين هاتين المقاربتين ما زال قائما، وهو ليس بالجدل الثانوي الذي لا يؤبه له، كما تشهد بذلك النقاشات التي تحتد منذ عشرين سنة حول تغطية المخاطر مثل المخاطر الصحية ومخاطر الشيخوخة أو العجز. غير أن هناك نقطة تجمع ما بينهما، هي أن المخاطرة التي يولى تدبيرها إلى تلك التغطية تحول موضوعها، أيا كانت طبيعة هذا الموضوع، إلى معادل مالي. ومهما يكن من أمر، فإن هذه الخطوة هي من التقدم على ما سبقها بحيث أنها تتغذى على نجاحها الذاتي، فلن تلبث أن تملأ المكان كله. وهكذا، فبمقدار ما يزداد عدد الأنظمة الخاصة المبنية على مسؤولية تقوم على حسبان الأخطار، وتتطور آليات التحمل الجماعي للأضرار الناتجة عن تلك الأخطار، تتقلص رقعة مبدأ "القضاء والقدر" التي لا تدع مكانا لتحميل المسؤولية لأحد. والسبب في ذلك أنه يكاد لا يبقى هنالك في منطق الضحايا المحتملين من حادث يمكن أن يقال إنه لم يكن هناك من دافع له ولا راد لشره... لم يعد يكاد أحد يتصور اللامتوقع؛ لم يعد أحد يكاد يقبل به...

غير أن ما يقع أيضا هو أن معالم المسؤولية تضيع في هذا الخضم، وهي بلبلة لا يفتأ أولئك الذي وجدوا في هذا التعطش إلى التعويض في كل الحالات سوقا ومجالا للربح جديدا، يزيدونها غموضا والتباسا. وما يحصل من جراء ذلك هو أن نقاشا أساسا مثل النقاش الذي أشرنا إليه الآن – ونعني النقاش الذي يتناول الأسس التي ينبغي أن تقوم عليها تقنيات الإصلاح والتعويض – "يوارى" في جانب خفي.

بل لقد بلغ الأمر حد أن رأت النور فكرة مؤداها أن على الضحايا المحتملين أنفسهم أن يتحملوا، عبر التأمين المباشر، تغطية المخاطر التي يتعرضون لها.

لا يبقى الأمر من شأن قانون المسؤولية، بل يصبح هذا القانون رويدا قانونا تأمينيا ضد المخاطر، لا علاقة تجمع بين منطق اشتغاله وبين الأحداث أو الوضعيات التي تسببت في وقوع الأضرار المراد التعويض عنها.

حتى المسؤولية الجنائية نفسها لا تبقى في منأى عن التأثر بهذه الحركة.

فمن جهة، بدأت تظهر في النصوص القانونية عندنا مخالفات يسمونها "مخالفات مادية"، أي مخالفات لا تستدعي إقامة الدليل على نية إحداث الضرر، وهو ما يناقض أكثر المبادئ رسوخا في مجال المسؤولية الجنائية. ولسنا نخال أن القانون الجنائي الجديد كان كافيا لكبح هذا التيار ودفع الأمور في الاتجاه المضاد.

من جهة أخرى وفوق هذا وذاك، فإن الضحايا الذين يجري التكفل بهم بطريقة مُرضية إجمالا فيما تعلق بالتعويض عن الأضرار، يجدون في أنفسهم نوعا من الإحساس بالحرمان بسبب عدم تمكنهم من تحديد المسئول عن الضرر الذي أصابهم، فيعوضون عن ذلك باللجوء إلى إقامة قضايا يريدونها في الآن نفسه مفيدة لسمعتهم وملطخة لسمعة الشخص المتابع، راغبين أن يضيفوا إلى ما يتمتعون به من مقدار قليل أو كثير من الحق في التعويض، حقا في "التفسير"، وعند اللزوم حقا في الانتقام أيضا.

وعلى العموم فإن هذا النظام يبحث لنفسه بصعوبة عن توازن، مغذيا بذلك خطابات تدعو إلى الرجوع إلى ما يسمونه الوضوح، أي الرجوع إلى المسؤولية التقليدية عن الخطإ، مقرونة بتغطية تأمينية للأضرار تكاد تكون منفصلة انفصالا تاما عن مشاكل المسؤولية.

هذا هو السياق غير المستقر والغامض بعض الغموض، الذي برز فيه مفهوم الحيطة. فهل هو من طبيعة تؤهله لأن يكون بطلا لفصل جديد من هذه الملحمة الطويلة، أم هل تراه سيشكل على العكس من ذلك قطيعة مع ما سبقه؟

هل جددت الإحالةُ إلى مفهوم الحيطة قانونَ المخاطرة أم هل قلبته رأسا على عقب ؟

من أين جاءنا هذا المفهوم يا ترى؟ لا شك في أن أصله من القانون الدولي؛ ولئن كانت بعض من ترجماته موجودة في النظام الداخلي، فإن مَنبَتَه إنجليزيٌّ لا مراء. فالقانون الإنجليزي وضع الضرر و"الخطأ" والضحية لزمن طويل في قلب المنظومة القانونية، لكنه قد اتخذ كذلك ومنذ سنوات مديدة منحى جديدا يركز أكثر فأكثر على عنصر "الإهمال"، أي على ما فعله الطرف الذي كان سيُعَدُّ مسئولا.

هذا هو المنطق الذي يندرج فيه مبدأ الحيطة.

فهو يعيد إدخال مفهوم الذنب في قانون المخاطرات، لكنه لا يفعل ذلك بالطريقة التي يتمناها وينتظرها أنصار المسؤولية عن الخطإ بالمفهوم العتيق، بل هو ذنبٌ مراجع، ذنب يأخذ في الحسبان ما هو غير مرجح الوقوع، وعودةً إلى الأخلاق، لكن إلى أخلاق تعنى بما هو غير مؤكد الوقوع.

فالخطأ لا يتمثل في كون المرء أتى فعلا أو امتنع عن إتيانه، بل في عدم اهتمامه بوضع آليات وإجراءات من شأنها إنتاج معلومات حول مخاطرة ممكنة وإن لم تكن قد تحققت بالفعل. الخطأ هو أن لا تواكب النشاط الذي من شأنه أن يخلق أخطارا غير معروفة، آليات تتيح استشعار إمكان تحقق الخطر، أي إمكان حدوث الضرر، قبل تحديد ماهيته. الخطأ هو أن لا نستبق الخطر الممكن لنستوعبه ذهنيا ونبنيه كما نبني النشاط أو المنتج الذي من شأنه أن يكون حاملا في طياته خطرا.

فما الذي يمكن يا ترى انتظاره من هذا المفهوم ومن هذا الخطإ المتكرر؟

اعتراف بالمسؤولية عن الخطإ بطبيعة الحال، لكنها مسؤولية موسعة إلى حد بعيد.

وقد خاف بعض الناس – ونحن منهم – أن ينجم عن ذلك، عبر مفعول يكاد يكون آليا، انحسار للمسؤولية الموضوعية (مسؤولية المخاطرة المخلوقة ومسؤولية المخاطرة-الربح)، وأن يصبح إصلاح الأضرار التي لحقت بالضحايا أصعب، لأنه سيضحي أقل تلقائية مما كان عليه. وقد أجاب أصحاب الشأن على هذه المخاوف بقولهم إنه لا شيء حتى اليوم يدل على إمكان تحقق هذه النبوءة، وأن آليات التعويض التلقائي على العكس من ذلك قد تكاثرت خلال العقد الأخير. والناطق بهذا لا يقول إلا صدقا، لكنه ينسى أن يذكر أن تلك الآليات ليست آليات مسؤولية، وأنها تفرد حصة متزايدة لتغطية المخاطرات من قبل الضحايا أنفسهم. وهو تطور يبدو لنا أنه يندرج في سياق الأحداث.

لكن إذا كان الإجبار على التعويض المبني على المسؤولية ينحسر، فكيف نفسر المخاوف التي يستثيرها مبدأ الحيطة لدى بعض الدوائر؟ فهي مخاوف بلغت ببعض الناس مبلغا جعلهم يحاولون إقامة الدليل على أن هذا المبدأ ليس إلا مفهوما من مفاهيم القانون العام، وأنه لا يعنينا في شيء بقدر ما يعني الدولة... هدؤوا من روعكم أيها الناس، فما الحيطة إلا سياسة هدفها إجبار الدولة، و"آلة ضخمة يراد بها أن تستعيض عن المراقبة البعدية (عن طريق المسؤولية) بمراقبة قبلية (عن طريق الإدارة) ! حتى إذا تحقق خطر من الأخطار انهالت القضايا على الدولة التي لم تقم بواجبها كما ينبغي، لكن تلك القضايا لن تمس الأشخاص الذين يمكن من خلال هذا المنظور اعتبارهم بمثابة حاملين سلبيين للمخاطرة، يكادون يكونون من جملة ضحايا تهاون الدولة في اتخاذ الاحتياطات المناسبة.

وتتكون اللوحة المثالية لدى أنصار هذه النظرية (الـذين لسـنا نشـاطرهم رأيهم...) من ثلاثة عناصر:

- مسئولون لا يمكن مؤاخذتهم إلا من أجل خطإ "حقيقـي" (أي خطـإ بـالمعنى التقليدي، الراجع إلى ما قبل مبدأ الحيطة)؛
- ضحايا مفترضون، عليهم أن يغطوا الأخطار التي يتعرضون لها، أن يغطوها بأنفسهم عبر اللجوء إلى التأمين المباشر.
- وأخيرا دولة تتحمل مسؤولية الحد من الأخطار، وذلك عبر انتهـاج سياسـة الحيطة.

فإذا ما اعترض معترض على هذا التصور فقال إن الأوساط المعنية، مـن صناعيين ومهنيي الصحة ومهنيي الصناعات الغذائية، قد تمثلـوا مبـدأ الحيطـة وتملكوه إذ جعلوه جزءا من مواثيقهم ومن قواعد السلوك لـديهم ومـن حملاتهـم التواصلية، معتبرينه جزءا من الواجبات الموكلة إليهم، أجابوه قائلين إن ذلك عائـد إلى انعدام الوعي لدى هذه الأوساط، وهو انعدام وعي يرون أنه يتغذى من انعـدام الاستقامة (وقد استعملت هذه الكلمة بالفعل من قبل O. Godard في مقاله المذكور آنفا) التي يتصف بها أولئك – ومنهم نحن ! – الذين يدعون أن هذا المفهوم الجديد يتصف بكل صفات المفاهيم العرفية، من إمكان استعمال متكرر، وما يفرضه مـن إحساس عام بالتصرفات التي يمكن أن يترتب عليها عقاب.

فما السبيل إلى تفسير هذه الرغبة في اختزال مبدأ الحيطة في مبدأ سياسي لا يعني سوى الدولة وحدها؟ ما السبيل إلى تفسير كل هذا الجهد الذي يبذلونه من أجل تفادي أن يصبح مبدأ الحيطة مبدأ للمسؤولية؟

يحضر الذهن تفسيران أو ثلاثة، هي بمثابة مخاوف، وهي تحيل إلى النقاش الأساس حول المسؤولية.

أما أولها، فهو الخوف من أن يؤدي الكلام عن مبدأ الحيطة إلى إحياء النقاش حول المسؤولية ذاتها، وهو ما من شأنه أن يعيق التطور الجاري، الذي يدفع رويدا باتجاه تحميل الضحايا المسؤولية كاملة عما يتعرضون له من أخطار.

وأما الثاني، فهو الخوف من أن يؤدي التوفيق ما بين المسؤولية ومفهوم الذنب المراجع والمدعم بمبدأ الحيطة، إلى إحداث قطيعة مع منطق للإعفاء من المسؤولية انطلق منذ مائة وخمسين عاما. وما يخشى حينذاك ولا يقبل به أحد، هو الحكم الأخلاقي الذي سيصدر ضد أولئك الذين يمكن أن يشعروا بأنهم "مسئولون" دون أن يكونوا "مذنبين".

وأما الأخير فلا شك أنه الخوف من أن يقف مبدأ الحيطة حاجزا أمام كل تجديد.

وقد كان يمكن لهذه المخاوف أن تكون في محلها لو أن ترجمة مبدأ الحيطة كانت هي تلك التي يقدمونها عنه وهم يرددون أن من الأحسن تفاديه في حال الشك. غير أن الجميع، باستثناء بعض السياسيين وبعض وسائل الإعلام، يتفقون اليوم على تنحية هذه النظرة "التمامية" للمبدأ. ولنكرر ما قلناه سابقا من أن مبدأ الحيطة لا يأمر بتبني حل معين، أي أنه لا يحمل ما يمكن أن يدعوه أهل القانون قاعدة جوهرية، بل إنه يكتفي بأن يفرض – ولعمري ليس ذلك بالقليل – طريقة في العمل، وآليات اشتغال ينبغي لها أن تواكب كل المسارات التقريرية، سواء كانت عمومية أم خاصة، من أجل فرض التفكير في الأخطار غير المؤكدة ورسم معالمها وإنتاج المعلومات باستمرار عن إمكان تحققها ومدى خطورتها فيما لو تحققت.

ونحسب أنه يجدر، عوض رفض هذا الإجبار الجديد على الحيطة، العمل على توضيح معالمه.

والسؤال الأساس فيما نعتقد هو المتعلق بمعرفة متى وفي ظل أية ظروف يكون أصحاب القرار العموميون منهم والخاصون مجبرين على اعتماد مبدأ

الحيطة. والنظريات بهذا الصدد عديدة، وسنكتفي بأن نعرض منها النظرية التي تحوز تفضيلنا.

تبرز ضرورة الحيطة حين يكون هناك ما يجوز تسميته "الشك المشروع". وهناك شك مشروع على الأقل حسب فرضيتين.

فالشك مشروع من جهة حين تنشأ عن أحداث موضوعية - أي أحداث قام الدليل المادي على صحتها بطريقة من الطرائق العلمية المعروفة - أسئلةٌ لا تجد جوابا إلا في صفة أخطار مفترضة. فلأن يبدي لنا مخطط بياني إحصائي لمرض جنون البقر مثلا مقطعا منبسطا، غير مفسر علميا، في مكان كان ينبغي أن يمضي فيه الخط مصعدا لأنه يقابل فترة تصنيع وتوزيع الأعلاف ذات الأصل الحيواني، أمرٌ من شأنه أن يخلق "شكا مشروعا" حول وثوقية المراقبة التي نتج عنها ذلك المخطط (والمعلومات الأخيرة تؤكد ذلك)، أو حول إمكان وجود سبل أخرى تتخذها العدوى للانتشار غير السبل المعروفة حتى ساعتها.

والشك مشروع كذلك حين تبين وقائع "اجتماعية" قابلة للقياس (عبر استطلاعات الرأي مثلا)، أن هناك شعورا جماعيا بوجود مخاطرة.

وقد تبدو مغرية الفكرة التي مؤداها أن "الموضوعية" تقتضي الوقوف عند الوقائع الأولى (أي الموصوفة بكونها موضوعية). غير أن القائل بهذا ينسى أن تلك الوقائع "الموضوعية" هي نفسها ثمار لنتاج اجتماعي (فقد اختارت الحكومة أو الهيئات العلمية العمومية أو الخاصة أن تستثمر في أبحاث قادت إلى المصادقة على هده الوقائع دون غيرها)، وأن ذلك النتاج الاجتماعي لا يخضع بالضرورة لقدر من العقلانية أكبر مما تخضع له الوقائع الموصوفة بأنها اجتماعية. كما أن القائل بهذا ينسى أن وجود شعور جماعي بالخطر (حتى ولو كان غير عقلاني أو اعتبرناه كذلك) هو في حد ذاته ظاهرة موضوعية لا يمكن تجاهلها بحال، وإلا أدى ذلك إلى أوخم العواقب.

ووجود شك مشروع يفرض ضرورة اتخاذ الحيطة، أي وضع آليات للخبرة والنقاش والإجبار على اليقظة والتتبع.

لكن ينبغي التأكيد وبقوة على أنه فيما هو أدنى من هذا الحد، لن يكون مخطئا ولا مخالفا للقانون من يقتصر على احترام آليات الوقاية المستعملة في تحليل الأخطار المعروفة والعمل على الحد من آثارها أو القضاء عليها.

من هذا المنظور، لا يبدو الإجبار على الحيطة معارضا للتجديد كما يحاول بعض الناس أن يوحوا بذلك. فعلماء الاقتصاد يذكرون بأنه، رغم ما يتصف الزمن الاقتصادي من تسارع، إلا أن هناك مراحل للتكيف والتعلم والنشر لا يمكن اختصار زمنها أبدا. فهي ترغم على اعتبار التجديد، لا مسارا يشتغل على شكل قفزات متتالية، تتخللها مراحل استقرار جامد تتيح تَمَثُّلَ التجديد والاستفادة من الاستثمارات، بل مسارا يتطور بالضرورة عبر الزمن، ويندمج تدريجيا في المنظومة الاقتصادية.

فإذا كان هذا هو الحال، فإن مبدأ الحيطة، إذ يتيح الزمن الكافي لكل ذلك، وإذ يفرض إنتاج المعرفة حول المخاطر في سياق من عدم اليقين، يستحق أن يُنظر إليه نظرة تختلف عن الصورة الكاريكاتورية التي كثيرا ما يقدمونه بها، أي أن ينظر إليه بصفته مبدأ عصريا للمواكبة، يسهل إدماج التجديد، وذلك في انسجام تام مع حاجيات النظام الاقتصادي.

اضطراب الحضارة وغليانها،
من تمجيد الإنجاز إلى الانهيار النفسي(١٨)

بقلم آلان إيرنبرج
Alain EHRENBEG

تنتمي لفظتان كلفظتي "حد أقصى" و"مخاطرة" إلى حقل دلالي متكون من كلمات مثل "تغيير" و"سباق" و"مسؤولية" و"منافسة" أو "قرار". ويأتي في مقابله حقل آخر يتكون من كلمات لم يعد الناس يستعملونها اليوم كثيرا، ومنها "ممنوع" و"طاعة" و"حس الواجب" و"تضحية" وما جرى مجراها. فأما في الحالة الأولى، فإن القاسم المشترك بين الألفاظ يحيل إلى عالم الحركة والفعل، وبشكل أدق إلى الفعل الفردي (الذي يمثل المقاول أفقه كما سنرى ذلك). وأما في الحالة الثانية، فإن القاسم المشترك يحيل إلى عالم الفعل المنجز بطريقة آلية لا دخل للإرادة فيها (والذي يمثل العامل المشتغل في سلسلة تصنيعية أبرز تجسيد له). ويقابل هذا التغيير في الألفاظ انتقال من مجتمع يحكمه النظام إلى مجتمع تقود الاستقلالية خطاه، وهو الانتقال الذي حدث خلال النصف الثاني من القرن العشرين، على المستوى الاجتماعي والمؤسسي والسياسي، وبالتالي على المستوى النفسي. وهو يمثل تغييرا كبيرا في مفهوم الفرد، وانقلابا أنثروبولوجيا شاملا في التصور العام الذي لدينا عن أنفسنا. ففي حياة يحكمها النظام والمنع، كان السؤال الذي يطرحه كل فرد على نفسه سؤال من قبيل: "ما الذي يُسمح لي بفعله؟" أما وقد رسخت الإحالة إلى الاستقلالية والعملِ في الأذهان، أم وقد تمأسست هذه الإحالة، فإن السؤال أصبح: "هل أنا قادر على فعل ذلك؟" وبديهي أن السؤالين يختلفان عن بعضهما اختلافا كبيرا.

---

(١٨) نص المحاضرة رقم ٢٩٧ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٣ أكتوبر ٢٠٠٠.

سأتبع، في معالجتي السريعة لهذا الانقلاب ولبعض من تداعياته ورهاناتـــه، خيطا هاديا هو خيط التغيرات التي طرأت علـــى المخـــدرات والأدويـــة المهدئـــة وحالات الأمراض العصبية، وبخاصة منها الانهيارات العصبية، فـــي مجتمعاتنـــا. وبذلك ستتمثل الزاوية التي سأتناول منها الأمر في إقامة علاقة بين ثلاثة تغييـــرات دخلت على مفهوم الفرد. وسأبدأ بأن أبين كيف أن ديناميكية التحرر التي برزت في الستينات من القرن الماضي، قد رسمت معالم فرد جديد مالك زمام نفسه ("جســـدي هو ملك لي وحدي لا يشاركني فيه أحد")، وأنتجت تعددية معيارية قصوى لا مزيد عليها (من نوع: "كل سبل العيش متساوية لا يفضل أحد منها الآخر")، نتج عنهـــا تنام للمخاوف بشان الهوية. وتشمل هذه الظاهرة وضعية للفردانية أجـــاد Claude Lévi-Strauss وصفها في ١٩٦٠ حين قال: "تمضي الأمور وكأن كل فرد يتخـــذ من نفسه طوطما." بعد ذلك سأصف كيـــف أن مقتضـــيات الفعـــل والاســـتقلالية والمبادرة الشخصية انضافت إلى التعددية المعيارية خلال الثمانينات مـــن القـــرن الماضي، مفضية إلى سبيل في العيش جديد يتميز بمعايير تقوم على تجاوز الذات، على غرار نموذج المغامرة المقاولية. وسأختم في آخر المطاف بأن أبين كيـــف أن هذا المسار المزدوج قد أدى إلى بروز مسألة جديدة، هي أن مشكل الألم النفســـي، الذي يعد الإدمان على المخدرات والانهيار العصبي أبرز أعراضه، قـــد أضـــحى قضية اجتماعية وسياسية. فما بين تمجيد الإنجاز وبين الانهيـــار النفســـي، انتهـــى الأمر بمجتمعاتنا إلى خلق ثقافة للشقاء الداخلي لم يسبق لها في التـــاريخ البشـــري مثيل. ويمثل الإنجاز وتحرر الفرد والضعف العام المحاور الثلاثة التي يتمثل فيهـــا الاضطراب والغليان المجتمعي.

أناجيل انطلاق الفرد وتحرره

كانت الستينات من القرن الماضي نواة لسنوات التحرر الثلاثين، إذ خلالهـــا انطلقت موجة التغيير الكبرى التي قلبت المعايير والعـــادات رأســـا علـــى عقـــب،

فانمحت معالم سبل العيش التقليدية عند الفرنسيين، من حرص على التوفير وتمجيد للتراث وما كان منزل السيد يعبر عنه من معاني رسوخ ذلك التــراث وتجــذره، وبرزت إلى السطح سياسات التنمية والتربية (الفصل النهائي بين التعليم الابتــدائي والثانوي) والتجهيز الجماعي وزيادة الحركية الاجتماعية والجغرافية ودعم الحماية الاجتماعية... وقد أفضت هذه المعطيات الجديدة التــي جــاءت بهــا "المعجــزة" الفرنسية لما بعد الحرب الكونية إلى ثلاث نتائج. فقد فتحت أبواب الممكنات (وكان في ذلك بداية "المصعد الاجتماعي")، وحدَّت من مخاطر الحياة (فالحمايــة الماديــة ازدادت واتسع مجالها)، وأخيرا، وهذا ما يهمنا في هذا المجال، فإنها أسهمت فــي جعل الناس أكثر استقلالا عن المجموعة التي ينتمون إليها، وعن إكراهات التقاليــد في آن. فقوانين السلطة والانقياد للمنع، التي كانت في الماضــي تحــدد للطبقــات الاجتماعية كما للأفراد من الجنسين مصيرا معروفا منذ يوم ميلادهم، قد تزعزعت اليوم منها القواعد؛ والفكرة التي مؤداها أن باستطاعة أي كان أن يخلــق مصــيره بيده ويصبح ما شاء لنفسه أن يصبح، تنتشر بين الناس انتشار النار فــي الهشــيم، يساعدها في ذلك ما قامت به وسائل الإعلام المختلفة منذ الخمسينات مــن القــرن الماضي من ترسيخ لها في الأذهان. فالإعلام يدفع القراء – والقارئات على وجــه الخصوص – إلى إعارة الانتباه إلى الحياة النفسية للفرد، ويمدهم بخطــاب يــدفع عنهم الشعور بالذنب إذ يبيح لهم أخلاقيا التخلي عن مصير كان ينبغي التكيف معه مهما كان الثمن، لينعموا بحرية اختيار الحياة التي يريدونها والبحث عــن إشــباع رغباتهم الحقيقية. هذه هي الفترة التي بدأ فيها التحليل النفسي (مستشفى الرغبــات ذاك) يكتسب شعبية كبرى، وكانت برامج مثل Chère Ménie الشهير على شاشــة قناة RTL (١٩٦٧–١٩٨٠) رمزا لهذا السبيل الجديد في التفكير والكــلام، وخيــر ناطق باسم هذا الانشغال بالذات غير المسبوق في تاريخ البشرية.

بدأ تسييس هذه المسائل مع ظهور حركات اجتماعيــة جديــدة بعــد مــايو ١٩٦٨، أدخلت على الأجندة السياسية قضية جديدة، هي قضية ملكية الفرد لنفســه

(وقد كان إصلاح الإجهاض والطلاق أبرز نتائج ذلك). واليوم فإن حق الفرد في التصرف في نفسه قد أضحى رهانا سياسيا قائما باستمرار، كما تشهد بذلك النقاشات الجارية حول الأخلاق في علم الأحياء، ومسألة أطفال الأنابيب في الثمانينات من القرن الماضي، وقضية الاستنساخ في مستهل هذه الألفية. فقيم الاختيار الحر والتام بدأت تفرض نفسها منذ السبعينات من القرن الماضي، معلنة بذلك عن بداية التحرر من "الممنوعات".

لقد بدأت مجتمعاتنا تدخل في عهد الإمكان غير المحدود، حيث لا ينبغي أن يقف شيء في سبيل هذا الطموح الجديد، وهذه الرغبة المحمومة التي تتملك معاصرينا منذ ثلاثين سنة، في أن لا يكون كل منهم سوى ذاته ولا شيء غير ذاته. نحن اليوم متحررون بالمعنى الأول من الكلمة، والمثل الأعلى السياسي – أي الديمقراطية التي جعلت الإنسان منذ نهاية القرن الثامن عشر ملكا لنفسه لا فردا طيعا خاضعا من رعية الأمير – قد اتسع من يومها ليشمل مناحي الحياة كافة. وقد أفضى انحسار رقعة الإحالة إلى الممنوع والنظام والطاعة، والتخلي عن ثقافة التسليم التي طالما ركنت إليها الأجيال السابقة، إلى بروز وجه جديد للفرد، أجاد نيتشه وصفه في أواخر القرن التاسع عشر بأنه "الفرد السيد الذي لا يشبه سوى نفسه" (شجرة الأخلاق)، والذي يتخذ من نفسه طوطما. فما كان وقفا على النخب الاجتمعية أو على الفنانين (الحياة البوهيمية) أضحى مثالا أعلى مشتركا. وبمعنى آخر فقد شهدنا مسارا لدمقرطة الاستثناء... أصبح المجتمع – لا الأفراد بطبيعة الحال – فردانيا: كان ذاك هو الشيء الجديد الذي جاءت به سنوات ١٩٦٠-١٩٧٠.

في الستينات من القرن الماضي، جعلت المخدرات – التي كان بودلير يقول عنها إنها تسمو بالإنسان حتى تجعله يبلغ مرتبة الآلهة – تنتشر بين الناس رمزا للإمكان غير المحدود. واجتهد منظروا المخدرات في أن يقدموها على أساس أنها في الآن ذاته نزعة صوفية (فشعار مخدر LSD كان هو "أريد أن أرى الله

جهرة")، وسياسية (خلق علاقات جديدة بين الناس). أما حجر الزاوية من ذلك كله فهو "امتداد الوعي"... وانبرى الفنانون - ومن أشهرهم فرقة البيتلز البريطانية - لتمجيد مخدر القنب في مقابل "الشيوخ العجزة من شاربي الويسكي"، ونادى منادٍ أن قوموا بنا نحطم الحواجز حتى الذهنية منها. فاستعمال المخدر يجلو ملامح يوتوبيا التحرر والانطلاق فيجعلها أكثر وضوحا، والمخدر يرمز إلى الاتجاهات الجديدة في أمريكا الشمالية وأوربا، الرامية إلى التحرر من قيود المنع التي تقف حاجزا دون تمكن المرء من التصرف بنفسه كما يحلو له أن يفعل، كما أن المخدر يرمز إلى الرغبة في التمرد على قيم الأسرة. إذن فالمسألة التي يطرحها المخدر هي مسألة حدود تملُّك الشخص لجسده، بقطع النظر عن القضايا الصحية. والحاصل أن الحرب على المخدرات تقاد باسم الوقوف ضد خرق القانون أكثر مما تقاد باسم الرغبة في تفادي المخاطر. وقد رأينا النواب الفرنسيين يصوتون عام ١٩٧٠ على قانون يوسع المنع ليشمل الاستعمال الخاص الذي كان فيما قبل مسموحا به، وصار المتعاطي للمخدر في التعبير السياسي مريضا أو مخالفا للقانون. في هذا السياق صارت مسألة الاستعمال الخاص رهانا.

لم يمكن لرفع الحواجز هذا أن يمر دون إثارة مخاوف جديدة تمثل الوجه المظلم من التحرر. وهي تعبر عن نفسها في صفة اضطرابات نفسية من نوع جديد لا يكف المحللون النفسيون عن الحديث فيها. فالتحليل النفسي كان في العادة يعالج حالات العصاب، أي أمراضا عصبية ناتجة عن صراع نفسي تعود جذوره في الغالب إلى أحداث شهدها المريض على عهد الطفولة، فخزنها عقله الباطن لتطفو آثارها إلى السطح - بعد زمن يقصر أو يطول - على شكل اضطرابات عصبية وسلوكية، من بينها الانهيار العصبي. ونواة المشكل تكون في العادة مرتبطة بعقدة أوديب، حيث ترتطم الرغبة بالممنوع. لكن الأطباء النفسيين لاحظوا منذ السبعينات من القرن الماضي زيادة كبيرة في عدد المرضى غير العصابيين. وتسألهم فيجيبونك بأن تناقضات الرغبة لم تعد هي المتهمة اليوم بقدر ما صار

الاتهام منصبا على قضية الهوية. فالمرضى يشكون في الآن ذاته من غياب للحدود ومن رغبة عارمة في الوجود، مما يخلق لديهم إحساسا مزمنا بانعدام الأمن فيما تعلق بالهوية. ويتحدث المحللون النفسيون هنا عن مرض من النوع النرجسي، إذ يستشعر المريض إحساسا بضياع الهوية يعتريه فيملك عليه زمام نفسه. أصبح الإحساس بالخجل لا الإحساس اللاشعوري بالذنب هو ما يهيمن على المريض. وهم يربطون بين هذا الإحساس وبين ضياع مشروعية الممنوعات التي وإن ولَّدت في بعض الأحايين إحساسا مَرَضيا بالذنب، إلا أنها في جميع الأحيان تبنين الشخصية وتحدد معالمها. فالشعور بالفراغ وبعدم الكفاية استبد بالفرد حتى جعله يجد صعوبة جمة في تحمل الحرمان. من ثمة الاندفاع نحو البحث عن حل في المخدر والكحول والمهدئات والشراهة (التي اتخذت شكل مرض نفسي حقيقي في الولايات المتحدة الأمريكية خلال السبعينات من القرن الماضي)، ملأً للفراغ وتذويبا للصراع الداخلي. فأنواع الإدمان كما يقول لنا الأطباء ليست إلا شكلا من أشكال مقاومة الانهيار العصبي. تَراجع إذن موضوعُ "امتداد الوعي" منحسرا، تاركا مجال استعمال المخدر للمداواة الذاتية يمتد ويتسع.

الإدمان والانهيار العصبي هما إذا وجهان لما يمكن أن ندعوه بأمراض العظمة (ولنذكر بهذا الصدد أن فرويد كان يسمي الكآبة "مرض الضآلة"). ففي محل الشعور البورجوازي القديم بالذنب والصراع من أجل التحرر من سيطرة الأب (أوديب)، حل خوف الفرد من أن لا يكون في مستوى مثله العليا الخاصة، وما ينتج عن ذلك من عجز نفسي (نرجس). بذلك يكون الإدمان والانهيار العصبي ثمن دمقرطة الاستثناء، ثمن التحرر التام...

جداول المبادرة الفردية

إلى أناجيل التحرر الفردي التي ظهرت في السبعينات من القرن الماضي، انضافت جداول المبادرة الفردية انطلاقا من الثمانينات من القرن نفسه. خلال هذه

الفترة التي دخلت فيها الدولة-الحامية في حال أزمة في العالم كله، انتابت المجتمع الفرنسي حمى من المنافسة والسباق، في حين بدأت تخف حدة الصراع بين السياسات (لكن ليس بين الأحزاب بطبيعة الحال)، واحتلت خيالنا صور لمقاولين ورياضيين ومغامرين وأبطال رياضات قصوى وعمال مسئولين وعاطلين عن العمل وغيرهم من الناس. تحولت فرنسا (وأيضا أمريكا مع رونالد ريغان وإنجلترا مع مارغريت تاتشر)، نحو شكل من أشكال الحياة الاجتماعية رياضي ومغامر ومقاولي في آن. حل عالم الانطلاق والفعل محل عالم النظام والطاعة...

وقد تميز هذا التحول بثلاثة انتقالات:

- أصبح رئيس المقاولة، وهو الرمز التقليدي لهيمنة الكبار على الصغار، نموذجا يحتذى بالنسبة إلى الناس جميعا (وأصبحت المقاولة بذلك "مواطِنة").

- بدأ الاستهلاك – الذي كان في الستينات تجسيدا لمسرحية "المكانة الاجتماعية" لدى الطبقة المتوسطة ووجها من وجوه الاستلاب لدى الطبقات الشعبية – يعيد تأهيل قيم التحرر التي شهدت السبعينات ميلادها، ليجعل منها حوامل ل"تحقق الذات"... صار نموذج "نادي البحر المتوسط" مثلا أعلى لكل الناس، وصارت التفاعلية عنوانا للاستهلاك، وذلك عبر برامج إذاعية وتلفزية جديدة، قبل أن يدخل الإنترنت على الخط بمواقعه الشخصية وكاميراته، ليجسد كل ذلك تجسيدا تقنيا. واليوم فإن بمقدور أي كان أن يجعل نفسه في موقع الفرجة ليري للناس من هو وما يستطيع فعله.

- أعيدَ تعريف البطل الرياضي – الذي كان بطلا للطبقات الشعبية (بطل سباق الدراجات Raymond Poulidor نموذجا) – بما هو رمز للتميز الاجتماعي. وقد كان الرياضي والسياسي والمقاول الفرنسي Bernard Tapie رائدا في هذا المجال.

انتشر هذا التمجيد الجديد للإنجاز بين الناس في لحظة سياسية محددة، بين منعطف الصرامة (١٩٨٢) وحكومة لوران فابيوس (١٩٨٤-١٩٨٦)... سقط المشروع السياسي الذي كان يتبناه اليسار (والذي كان يجعل منه يسارا) وتفتت، واضعا بذلك حدا للحلم التقليدي بإقامة مجتمع مبني على التأمين، وبتقديم بديل عن الرأسمالية. وبدت فرحة الناس بالرياضة والمغامرة والمقاولة واحتفاؤهم بأبطالها ردا من خارج عالم السياسة على أزمة الفعل السياسي (الكينيزي والتأميني وغيره)... انتهى صراع الطبقات بعد أن أصبح كل شيء مبدئيا في متناول كل أحد، لكن دون أن يعني ذلك بطبيعة الحال انتهاء التفاوت الاجتماعي ما بين الناس.

يجمع الإنجاز ما بين نموذج في الفعل (أخذ المبادرة)، ونموذج في العدالة (فالأول في الرياضة هو دائما الأفضل والأعلى كفاءة، أما في الحياة العادية...)، وطريقة في العيش (تحرر الفرد من القيود والممنوعات التي كانت فيما مضى تقف عائقا يمنعه من اختيار الحياة التي يريدها لنفسه). كانت السبعينات تدعو كل أحد من الناس إلى استعادة هويته الشخصية كاملة، ثم جاءت الثمانينات تنادي إلى تحقيق النجاح الاجتماعي عبر المبادرة الفردية، المثل الأعلى اليوم هو باختصار أن يصبح المرء مقاولا لحياته الشخصية.

تزايدت متطلبات الفعل والإنجاز تزايدا كبيرا بالنسبة إلى الطبقات الاجتماعية جميعا. فلكي يحصل المرء اليوم على وظيفة، مهما قل شأن تلك الوظيفة، يلزمه أن يبدي عن رغبة عارمة في الحصول عليها، بل وأن يبرر تلك الرغبة ويحسن التعبير عنها، ناهيك عن القدرة على تقديم نفسه والحديث عما يحسن فعله، وينبغي أن يكون قادرا على رسم مشاريع وإبرام عقود. أما في داخل المقاولة (حتى لا نخوض في التغييرات التي دخلت على الأسرة والمدرسة وسياسات إعادة الإدماج والعمل الاجتماعي)، فقد انحسرت النماذج النظامية في ما تعلق بتدبير الموارد البشرية، مفسحة المجال أمام معايير جديدة تشجع العاملين على

انتهاج سلوك مستقل، وذلك حتى في أدنى درجات السلم الوظيفي. أصبحت السلطة تعتمد على المبادرة الشخصية – من حس بالمسئولية وقدرة على التطور ومرونة وما إلى ذلك – أكثر من اعتمادها على الطاعة العمياء. صارت الشخصية الفردية عرضة لضغوط جديدة، فأصبح لزاما عليها، لأجل الاستمرار في البقاء في المجتمع، أن تتخذ المبادرة حيث كان يكفيها من قبل أن تطيع. وبعد أن كانت متطلبات المسؤولية حتى زمن قريب وقفا على الأطر العليا، أصبحت اليوم تشمل حتى ذوي الدخل الأدنى بل وحتى المستخدمين غير الرسميين.

ربح الناس أشكالا جديدة من الحرية، لكنهم ربحوا معها كذلك إكراهات جديدة. وقد أدت هذه التغييرات المعيارية إلى جعل العامل الفردي المسئول الأول عن أفعاله الخاصة، مما يعني انتقال المسؤوليات التي كانت تقع على عاتق المؤسسات لتصبح من شأن الفرد وحده. أضحى الفرد مطالَبا بأن يتحمل مسؤولية نفسه، وأن يتجاوز قدراته الخاصة كلما استطاع إلى ذلك سبيلا: فإلى الطموح إلى الاستقلالية ("الاستقلالية في مقابل السلطة") الذي شهدت السبعينات من القرن الماضي انفجاره الصاخب، انضاف في الثمانينات الإكراه الناتج عن تلك الاستقلالية. وقد شهدنا في مدى جيل واحد مرحلة أخرى من الفردانية، تمثلت في جعل هذه الأخيرة نموذجا كونيا للفعل عبر صورة المقاول. وهو سياق جديد يغذي تطور العلاقات مع المخدرات والأدوية المهدئة والانهيار العصبي.

في منتصف الثمانينات من القرن الماضي، أشار تقرير أنجزته مجموعة من أطباء الشغل في الضاحية الباريسية، إلى ما طرأ من تغير على سلوك المستخدمين، الذين صاروا يطلبون منهم أن يصفوا لهم أدوية مضادة للقلق عِوض أن يطلبوا تراخيص للتغيب عن العمل. وظهر في الثمانينات دليل أثارا جدلا كبيرا، عنوانه "ثلاثمائة عقار تعينك على تجاوز نفسك جسميا وعقليا"، شرح فيه صاحبه كيف أنه ينبغي التمييز ما بين أن يتخدر المرء (أي أن يتناول عقارا يَفقده الصواب)، وبين أن "ينشط" عقله وجسمه بتناول عقارات تساعده على مواجهة هذا العالم التنافسي الذي لا يرحم.

يشير طابع المداواة الذاتية الذي يميز المخدرات إلى أنها تتجه رويدا إلى أن تصبح وسيلة شائعة الاستعمال، تتيح التخفيف من العبء الذي أضحى كل منا يمثله بالنسبة إلى نفسه، في إطار علاقات اجتماعية تتطلب من كل منا في كل يوم أكثر من سابقه أن يبادر باتخاذ القرار وممارسة الفعل، معتمدا في ذلك على قدراته وحدها، عوض أن يكتفي بالتطبيق الآلي للأوامر التي تأتيه من رؤسائه في العمل. خرج المخدر من مجال استكشاف الذات ليدخل مجال المداواة، في الوقت ذاته الذي خرج فيه الدواء المهدئ من دائرة العلاج. وكم شهدت الساحة في الثمانينات من القرن الماضي في فرنسا من مقالات كتبت حول ظاهرة الإدمان لدى الفرنسيين، وقل الشيء نفسه عن الولايات المتحدة الأمريكية، حيث كانوا يتحدثون عن كابوس وطني. انمحت أو كادت معالم الخط الفاصل بين وصف الدواء بغية المعالجة ووصفه بغية زيادة القدرة على الإنجاز. وعاد الجدل ليحمى من جديد في التسعينات، مع ظهور جيل آخر من العقارات قيل عنها إنها تتيح تحسين مزاج المرء مريضا كان أم غير مريض... بدأ مفهوم الإنجاز، أي استعمال الذات بهدف تحقيق غايات تختلف عن بعضها شديد الاختلاف، يمتص رويدا مفهوم المداواة، وبدأ مفهوم اللجوء إلى المنشطات يخرج من ميدان الرياضة ليدخل مجال الاستعمال العادي، في امتداد جعل التمييز بين من يروم العلاج ومن يريد التخدير أمرا شديد الصعوبة. لم نعد في مجال المرض (الزوج "صحيح/عليل") ولا نحن في مجال المخالفة (الزوج "مباح/ممنوع")، بل في ميدان الرفع من مستوى الذات ومضاعفة القدرات التي يجب قياس حدودها ومخاطرها: ما السبيل إلى أن يكون المرء أكثر أو أحسن من نفسه؟ وما معنى أن يكون المرء نفسه؟ شك وريبة تنتاب الناس، ليست أقل حدة من تأكيد كل منهم على هويته وتميزه وتفرده. وما لجوء الناس إلى العقار يطلقون به طاقات أنفسهم ولو كرها من عقالها، إلا رفيق طبيعي لهذا البحث عن الهوية الذي لم يعد لنا اليوم مفر من أن نعانيه ونعيش في ظل ظروفه.

أما من الناحية النفسية، فإن مفهوم الانهيار العصبي قد تطور هو أيضا، فأصبح عرضه الرئيس هو الانحصار أكثر مما هو الكآبة والعذاب النفسي كما كان عليه الأمر سابقا، وأصبح الانهيار العصبي يبدو كأنه فعل غير مكتمل – أو غياب للفعل – أكثر مما يبدو انفعالا حزينا. ولست أدري ما إذا كان الناس في الماضي يشكون الانحصار أكثر مما يشكونه اليوم، لكن الذي لا شك فيه هو أن الانحصار أكثر ظهورا وأكثر إضعافا لموقف الفرد في مجتمع يتطلب العيش فيه من القدرة على المبادرة أكثر مما يتطلب من الطاعة والإذعان. فأن ترتكب مخالفة للقاعدة أصبح اليوم يعني أنك غير كفء أكثر مما يعني أنك غير مطيع... لم يعد المهم أن تكون خاضعا للنظام، بل أن تبدي عن قدر مُرض من الكفاءة والمقدرة والمرونة، لأن الانخراط في المجتمع لم يعد يعني تهذيب الأجسام لتتعلم البقاء في مكانها إلى الأبد، بل صار يعني باستمرار إنتاج شخصية فردية قادرة على الفعل اعتمادا على نفسها. لم تعد الغاية جعل الأجسام "مطيعة" – على حد تعبير ميشيل فوكو – على نسق أجزاء الآلية التقليدية، بل صار المطلوب جعلها قادرة على تنظيم نفسها مثل نسق تحكمي cybernétique.

يبرز مفهوم الانهيار العصبي حينذاك التوترات التي تنتج عن هذا السبيل في العيش. فإذا كان العصاب – من المنظور الاجتماعي – مرضا من أمراض النكوص والشعور بالذنب، فإن الانهيار العصبي مرض من أمراض المسؤولية وانعدام الكفاية (تجاه متطلبات الفعل ومتطلبات الهوية). والانهيار العصبي يعد اليوم إلى ذلك مرضا انتكاسيا إن لم نقل مزمنا، والعقارات الموصوفة لزمن طويل أو حتى مدى الحياة أضحت عند الأطباء النفسانيين شيئا مألوفا. وقُل مثل ذلك في المخدرات، حيث صار العمل العمومي يحيل إلى ضرورة الحد من المخطر أكثر من إحالته إلى ضرورة احترام القانون (رغم أنه لم يجر تغيير القوانين)، كما صار يتجسد في مواكبات طويلة الأمد، مع استعمال أدوية بديلة. والإدمان نفسه أصبح مزمنا، بحيث إن شخصا جديدا بدأ يظهر إلى الوجود، هو الشخص المصاب

بطريقة مزمنة. وتكمن المفارقة في أن ليس هناك من مرض يتعذر علاجه، ولا من مرض يرجى الشفاء التام منه... ومن هذا المنظور، فإن العقار المضاد للانهيار يكون بالنسبة إلى السلوك مثل ما هو السيليكون في تقويم المظهر الجسدي أو الولادة بالمساعدة الطبية في مجال النسل.

تناقض المسؤولية

ليست المخدرات والأدوية المهدئة سوى وجه من وجوه تطور عام لأسواقٍ للتوازن الداخلي متفاوتة شديد التفاوت، تتجاوز الطب والعلاج النفسي بكثير، إذ تذهب من الاستهلاك طويل الأمد للأدوية المعدلة للسلوك إلى الرجوع إلى الدين وغير ذلك من الحركات الروحية، مرورا ببرامج الراديو والتلفزيون التي يحكي فيها كل عن همومه ومصائبه. وهناك مستقبل زاهر ينتظر هذه الأسواق ذات المكونات المتعددة، وذلك لأن مجتمعا يقوم على المبادرة الفردية والتحرر التام، إذ يدفع بالفرد إلى اتخاذ القرار والمبادرة بالفعل، يشجع على كل ما من شأنه أن يعين المرء على تغيير نفسه. غير أن هذا المجتمع يخلق أيضا وفي الآن ذاته مشاكل متعلقة ببنينة الذات، لم تكن تثير أدنى انتباه في مجتمع الطاعة والنظام.

تتبدى مشاكل بنينة الذات هذه في بروز نوع من الضعف النفسي العام لم يكن معروفا في المجتمعات الليبرالية منذ عشرين سنة خلت. فعلاوة على انتشار ظاهرة الفرد الذي يشكو من نقصان الكفاءة، وانتشار تعاطي المخدرات والانهيار العصبي، بدأت تطفو إلى السطح ظاهرة أخرى، هي ظاهرة الفرد ضحية صدمات نفسية عديدة، أهمها سوء المعاملة والاستغلال الجنسي وزنا المحارم، ولكن أيضا ما يعرفه مجال الشغل من تحرشات جنسية وضغط نفسي ومشاكل غريبة في العضلات والعظام، تجعل الشخص غير قادر على القيام بعمله. واليوم فإن الأمراض النفسية المتعلقة بالشغل أصبحت تمثل تحديا اجتماعيا ونقابيا لا يستهان به، حيث حل "عذاب" الأجير "المسئول" محل الصراع الطبقي الذي كان يخوضه

العامل "الخاضع لهيمنة رب العمل". أما عند الأطفال والمراهقين، فإن الفشل الدراسي وغياب الآفاق المستقبلية يخلقان ردود فعل انتحارية أو عنيفة، وسلوكات "مرضية"، ويدفعان بهم إلى خوض مغامرات خطيرة تعطي للشخص إحساسا بأنه يعيش... وهي كلها كما يقول الأطباء النفسانيون أشكال من الدفاع ضد الانهيار النفسي. وتشير تقارير عديدة نشرت في العقد الأخير من القرن المنصرم، إلى اضطرابات ناجمة عن عدم الرضا بالحياة (وهي تهم فيما يقولون خمس الساكنة)، وعن كلفتها الاجتماعية والاقتصادية، وعما يترتب على ذلك من ضرورة وضع سياسات للصحة النفسية. وقد نظمت خلال منتدى دافوس الأخير ندوة عنوانها "هل سيكون الانهيار العصبي سرطان القرن الواحد والعشرين؟" والحق أن مجتمعاتنا قد أفضى بها الأمر إلى خلق ثقافة من التعاسة الداخلية لم يسبق لها مثيل، تُصرِّف نفسها على خط طويل يمضي من الخمود السلبي إلى العنف الأهوج.

فهل يعني هذا أن الناس هم اليوم أتعس منهم البارحة؟ سؤال لا معنى له، كما يشير إلى ذلك Robert Musil في كتابه L'Homme sans qualités حين يقول: "كان الناس فيما مضى سنابل في حقل، قد تتعرض لهزات أكبر من تلك التي تتعرض لها اليوم، فتصيبها الريح والجليد وحتى النار؛ لكن ذلك كله كان يحدث بطريقة جماعية، والمصائب متى عمت هانت." أما اليوم، فالصدمات صارت تصيب الناس فرادى أكثر مما تصيبهم جماعات.

وهم يعطون لهذه التغيرات تفسيرين اثنين يبدوان لأول وهلة متناقضين، لكنهما في الحقيقة متكاملان. فأما أكثرهما تشاؤما، فيرى أن الفرد يعيش أزمة "لأنه لم يعد له في حياته من معالم ولا من حدود"، وأما الرأي المتفائل فيرى أن العلاقات ما بين الأفراد كافية ليصلح المرء ما استطاع من شؤون أسرته أو دينه. وفي الحالين معا فإن الفردانية تكون سببا في سيرورة عامة من انعزال الفرد عن المؤسسات وعن السياسة، تجعل الحياة الاجتماعية تنحو نحو الانحصار في الدائرة الحميمة، تحت الضغط الرهيب للنزعة الفردانية، وتنتظم انتظاما جديدا يراه

المتفائلون تحسنا فيما يراه المتشائمون سيرا نحو الأسوأ. ويتمثل أحد أسباب الغموض هنا في ما يلي: ليس كون الأشياء قد أصبحت اليوم أكثر "شخصية" هو ما يُفقدها طابعها الاجتماعي والمؤسسي والسياسي. هذا هو ما يتعين فهمه قبل أي شيء آخر، لأن الأفراد لا يصبحون أبدا أكثر تركيزا على ذواتهم وأكثر وعيا بها مما هم عليه (حسب النظرية الشعبية لAnthony Giddens صاحب "الطريق الثالثة"). ليس هناك من سبب منطقي، وبالتالي إناسي، يدفع للاعتقاد بأن الشعور بالذات هو اليوم أشد حدة مما كان عليه قبل قرن مضى، بل إن الطرائق الاجتماعية والسياسية في بناء شخصية الفرد هي ما تغير، بحيث لم تعد تنتج أجسادا مطيعة خانعة مثلما كان عليه الأمر في الماضي، بل ضارت تنتج أفرادا من شأنهم أن يتخذوا المبادرة بأنفسهم وأن يتغيروا اعتمادا على قدراتهم الذاتية وحدها. ويتعلق الأمر هنا بواحدة من الطفرات الهامة التي طرأت على طريقتنا في العيش، حيث لم تعد المسألة مسألة اختيار، للمرء أن يتبعه أو أن يدعه، بل بقاعدة تنطبق على الجميع دون استثناء، فلا يخل بها أحد إلا وجد نفسه منبوذا يعيش على هامش الحياة الاجتماعية. وقد دخلت هذه القاعدة مجال حياتنا عبر ألفاظ لا نكف عن استعمالها (مثل إقامة المشاريع وإبرام العقود وخلق القدرات والدوافع التواصلية وغير ذلك)، فأضحت جزءا لا يتجزأ منها. وبمعنى آخر فإنها قد تمأسست اجتماعيا، ويبقى دون شك أن نعمل على ترجمتها في التفكير السياسي والعمل العمومي.

وختاما سأحاول أن ألخص الطريقة التي يمكن بها أن نعرّف الفرد الذي أنتجه التحرر والفعل، والتوترات الجديدة التي تصاحبه.

الشخص ملك لنفسه، وهويته الاجتماعية ليست رهينة في ظاهر الأمر إلا بإرادته، بما أن بإمكانه معنويا وأخلاقيا أن يختار مستقبله ويرسم خطوط هذا المستقبل كما شاء. وقد ترجم هذا التنوع المعياري الجذري في انفجار المطالبة بالهوية في كل أشكالها خلال الثلث الأخير من القرن المنصرم (ومنها مثلا مسألة

الأزواج ومسألة الذرية عند الأزواج المثليين). فالفاعل وموضوع الفعل معا همـا في الشخص نفسه (وهو المسئول الوحيد عن ذلك)، فلا أفق له سوى جسده، الـذي له في مقابل ذلك الحقُّ في أن يتصرف فيه كما يشاء زيـادة ونقصـانا، ورعايـة وتدميرا، وسوى حياته، التي ينبغي له أن ينجح فيها مهما كان الثمن. فمن الطاعـة إلى الفعل، ومن القضاء والقدر إلى حرية اختيار المرء لمستقبله وامتلاكـه زمـام هويته، أفضت هذه التغييرات التي دخلت على معاييرنا إلى جعل المسؤولية الكاملة عن حياتنا، لا فحسب موكلة إلى كل واحد منا على حدة، ولكن كذلك - مع تلاشي الحلم في تقديم بديل عن الرأسمالية - في داخل ما هو مشترك فيما بيننـا. وهـذا أصل الاضطراب الذي جرى الحديث عليه: فالفرد إذ أصبح مرغما على أن يكون ملك نفسه، أصبح بالتالي ملكا لأعراض عديدة من ذاته، تعبر عن نفسها في صـفة شكاوى ذاتية عديدة. وهذان هما وجها الفردانية المعاصرة.

المؤلفون فى سطور

Jean-François Abramatic	رئيس W3C (World Wide Consortium)، باحث سابق بمعهد INRIA، ومدير البحث والتطوير في شركة Hog
Paul Acker	مدير مشاريع البحث في الخرسانة في مجموعة Lafarge
Cécile Alvergnat	المديرة العامة لمركز L'Echangeur الأوربي للتفكير والتكوين في التقنيات الجديدة لتجارة الممتلكات والخدمات، وعضو في اللجنة الوطنية الفرنسية للإعلاميات والحرية CNIL
Arlène Ammar-Israël	المفوضة المساعدة في الدراسات واستكشاف الفضاء في المركز الوطني الفرنسي للدراسات الفضائية CNES، ومفوضة فرنسا في المجالس المديرية للرحلات الفضائية المأهولة وظروف انعدام الجاذبية في الوكالة الفضائية الأوربية ESA
François Anceau	أستاذ كرسي التقنيات الأساس في الإعلاميات في المعهد الوطني للفنون والصنائع، وأستاذ بمدرسة البوليتكنيك الفرنسية
Jean-Louis Aucouturier	أستاذ جامعي بالمدرسة الوطنية للإليكترونيك والكهرباء الإشعاعية في بوردو، ومدير معهد الإليكترونيات المصغرة في مقاطعة أكيتان الفرنسية
Jean-Pierre Balpe	كاتب، ومدير شعبة وسائط الاتصال في جامعة باريس الثامنة، وعضو مؤسس لمشغل الأدب بتقنية الاستعانة بالرياضيات والحاسوب ALAMO
Bertrand Barré	أستاذ بالمعهد الوطني للعلوم والتقنيات الذرية INSTN وعضو بالمجلس العلمي والتقني في EURATOM

Gérard Berry	مدير دراسات بمركز الرياضيات المطبقة، بمدرسة المعادن في باريس حتى يناير ٢٠٠١، ومنذ ذلك التاريخ، المدير العلمي في Esterel Technologies
Hugues Bersini	أستاذ بالجامعة الحرة لبروكسل، ومدير مختبرات IRIDIA
Pierre Bétin	المدير العام المساعد لمجموعة Snecma، المكلف بالإستراتيجية التقنية في المجموعة
Jacques Blamont	أستاذ ممتاز في جامعة بيير وماري كوري في باريس السادسة، ومستشار المدير العام لمعهد CNES
Pierre Caspar	أستاذ بالمعهد الوطني للفنون والصنائع، وأستاذ كرسي تكوين البالغين، ورئيس مجلس التحسين في CNAM
Sophie Cluet	مديرة أبحاث في معهد INRA، والمسئولة التقنية عن مشروع قاعدة المعطيات VERSO
Laurent Cohen-Tangui	شريك في مكتب Cleary Gottlieb Steen & Hamilton للمحامين الدوليين، وعضو في أكاديمية التكنولوجيات
Hubert Curien	أستاذ ممتاز بجامعة بيير وماري كوري في باريس السادسة
Walid Dabbous	مدير أبحاث في معهد INRIA، والمدير العلمي لفريق البروتوكولات وتطبيقات إنترنت في هذا المعهد
Jean-Jacques Duby	المدير العام للمدرسة العليا للكهرباء Supélec
Alain Ehrenberg	مكلف بأبحاث في مركز CNRS، ومدير مركز CESA-MES للأبحاث في الصحة النفسية والاجتماعية، في جامعة روني ديكارت في باريس الخامسة
François Ewald	أستاذ كرسي التأمين في المعهد الوطني للفنون والصنائع، ومستشار أبحاث لدى الفيدرالية الفرنسية لشركات التأمين
Olivier Faugeras	مدير أبحاث في INRIA وأستاذ بمعهد ماساشوستس للتكنولوجيا MIT

Jean-François Fauvarque	أستاذ الإليكترونيات الصناعية في مركز CNAM، ونائب رئيس شبكة "البطاريات العاملة بمحروق"
Gérard Gallas	المدير العام لمختبر البحث والتحكم في المطاط والمواد البلاستيكية LRCCP ولمعهد التكوين في مهن المطاط IFOCA
Pierre-Gilles de Gennes	أستاذ في كوليج دو فرانس، ومدير المدرسة العليا للفيزياء والكيمياء الصناعية لمدينة باريس، وحاصل على جائزة نوبل في الفيزياء لعام ١٩٩١
Jean-Paul Haton	أستاذ بجامعة هنري بوان كاري في نانسي، وعضو المعهد الجامعي الفرنسي، ومسئول في LORIA/INRIA لفريق "تَعَرُّف الأشكال والذكاء الاصطناعي"
Jean-Yves Helmer	المفوض العام في التسليح
Didier Houssin	مدير المواد الأولية والهيدروكربونات في وزارة الصناعة الفرنسية
Bernard Lahire	أستاذ علم الاجتماع في المدرسة العليا للأساتذة في مدينة ليون للآداب والعلوم الإنسانية
Jacques Lanxade	رئيس مؤسسة البحر الأبيض المتوسط للدراسات الإستراتيجية، ورئيس سابق لهيئة الأركان العامة للجيوش الفرنسية
Jean-Claude Laprie	مدير أبحاث في CNRS، ومدير مختبر التحليل وهندسة الأنساق LAAS في المركز ذاته
Pierre Lascoumes	مدير أبحاث في CNRS
Dominique Lecoq	مدير مركز الدراسات والبحوث حول الاتصالات التطبيقية
Jean-Claude Lehmann	مدير الأبحاث في شركة Saint-Gobin

أستاذ بجامعة بيير وماري كوري في باريس السادسة، وعضو بالمعهد الجامعي الفرنسي	Jacques Livage
مدير أبحاث في Onera، ومدير مساعد لمجموعة البحث في الأنابيب متناهية الدقة في CNRS	Annick Loiseau
عضو مؤسس ومدير تقني لشركة Kelkoo.com	Mauricio Lopez
أستاذ بكلية الحقوق في جامعة Nice-Sophia-Antipolis، وعضو بمركز الأبحاث في القانون الاقتصادي	Gilles J. Martin
مدير تقني لمجموعة Nulla Dies للخبرة والاستشارة، ومسئول سابق عن الأمن الإعلامي لدى الدرك الوطني	Thomas-Xavier Martin
أستاذ بجامعة بيير وماري كوري في باريس السادسة، وعضو بالمعهد الجامعي الفرنسي، رئيس CNRS	Gérard Mégie
أستاذ في علوم التربية في جامعة Louis Lumière في ليون الثانية	Philippe Meirieu
رئيس ومؤسس Innovatron	Roland Moreno
أستاذ بجامعة بوردو الأولى	Pierre Morlier
منشط علمي وتقني بمركز الأبحاث Rhodia في Aubervilliers	Yves Mottot
مدير أبحاث في CNRS	François Orivel
أستاذ ممتاز بجامعة لويس باستور في ستراسبورغ، وعضو سابق بأكاديمية العلوم	Guy Ourisson
مدير أبحاث في CNRS	Emile Pefferkorn
مهندس معماري في Bull، وعضو مؤسس لمركز Storage Academy (لبحث وتخزين المعطيات)	Jacques Péping
أستاذ بمركز المواد في مدرسة المعادن في باريس، ومسئول عن فرع "علوم المواد"	André Pineau

Jacques Prost	مدير أبحاث في CNRS، معهد كوري
Joël de Rosnay	مدير الاستكشاف والتقييم في مدينة العلوم والصناعات في La Villette
Laurent Sedel	طبيب جراح تقويمي، وأستاذ في جامعة باريس السابعة، ورئيس مصلحة بمستشفى Lariboisière في باريس
Jean-Claude Serrero	مسئول عن الأبحاث في وزارة البيئة
Michel Sotton	مدير عام ومدير الأبحاث في معهد النسيج الفرنسي
Walter Stahel	مدير معهد المدة Institut de la durée في جنيف
Jacques Stern	أستاذ بالمدرسة العليا للأساتذة، ومدير شعبة الإعلاميات
Michel Vivant	أستاذ بجامعة مونبوليي الأولى، مسئول فريق البحث في الإبداعات غير المادية والقانون
Lothaire Zilliox	مدير أبحاث في CNRS، ومدير المعهد الفرنسي الألماني حول البيئة، جامعة لويس باستور، ستراسبورغ

المترجمان فى سطور

محمد نايت الحاج

- أستاذ الترجمة بمدرسة الأساتذة العليا – مرتيل – تطوان.
- عضو اللجنة المغربية الفرنسية للتبريز فى اللغة الفرنسية – مادة الترجمة.
- ساهم فى عدة لقاءات وأيام دراسية فى مجال الترجمة، نظمت بالرباط ومكناس وتطوان، فى إطار التعاون الثقافى المغربى – الفرنسي.
- شارك فى اللقاء الدراسى المنظم من قبل أكاديمية المملكة المغربية بطنجة، عام ١٩٩٥.

الكتب المترجمة:

من اللغة الفرنسية إلى اللغة العربية:

- «عبقرية الاعتدال» تأليف جلالة الملك الحسن الثانى، ترجمة بالاشتراك مع عبد الهادى الإدريسى و ح. آيت مساعد. نشر: عثمان العمير، ٢٠٠٠.
- «المرحلة الانتقالية بالمغرب» تأليف د. عبد الله ساعف، ترجمة بالاشتراك مع عبد الهادى الإدريسى، منشورات مطابع القدس، ٢٠٠٠.
- «مصب الشمس، حوليات من زمن الانحسار» تأليف د. عبد الله ساعف، ترجمة بالاشتراك مع عبد الهادى الإدريسى، منشورات دار الثقافة، الرباط ٢٠٠٢.
- «استراتيجية تنمية تطوان الكبرى» ترجمة بالاشتراك مع عبد الهادى الإدريسى، منشورات المنتدى الحضرى المغربى، ولاية تطوان، أكتوبر ٢٠٠٢.

من اللغة العربية إلى اللغة الفرنسية:

- «الجيش المغربى عبر التاريخ» تأليف: د. عبد الحق المرينى، ترجمة مشتركة، دار نشر المعارف، الرباط ١٩٩٨.
- «مدائن من رماد» تأليف د. محمد خليفة، مطابع بندسمال: أبوظبى، الإمارات العربية المتحدة ٢٠٠٣.
- «قهر أنثي» تأليف د. محمد خليفة، مطابع بندسمال، أبو ظبى الإمارات العربية المتحدة ٢٠٠٣.

الكتب المترجمة:

- الحسن الثانى: «عبقرية الاعتدال: الإسلام فى مواجهة تحديات العصر» (من الفرنسية إلى العربية)، الناشر: عثمان العمير، ٢٠٠٠.
- بيدرو دياس: «العمارة البرتغالية بالمغرب بين ١٤١٥ و١٧٦٩» (من الفرنسية إلى العربية)، لشبونة، ٢٠٠٠.
- محمد عز الدين التازى: «أيها الرائى» (من العربية إلى الفرنسية)، منشورات CMCPE، الرباط، ٢٠٠٠.
- صلاح الدين الوديع: «العريس» (من العربية إلى الفرنسية)، منشورات طارق، الدار البيضاء، ٢٠٠١.
- عبد الله ساعف: «المرحلة الانتقالية فى المغرب» (من الفرنسية إلى العربية)، منشورات القدس، الرباط، ٢٠٠٢.
- سهام بنشقرون: «أن أحيا» (من الفرنسية إلى العربية، منشورات Empreintes، الدار البيضاء، ٢٠٠٢.
- محمد عابد الجابرى: «مواقف» (من العربية إلى الفرنسية)، سلسلة شهرية (صدرت ترجمة الأعداد الخمسة الأولى منها انطلاقًا من أكتوبر ٢٠٠٣ عن دار النشر المغربية).
- الدكتور محمد خليفة: مجموعة من الأعمال، (من العربية إلى الفرنسية)، سلسلة صادرة عن مركز الشيخ زايد للدراسات.

أنشطة أخرى:

- مشاركة بمقالات صحفية وترجمات فى مجلات وجرائد وطنية وعربية: Libération - Dossiers - Cahiers du Nord - Le Matin - L'Opinion - Pédagogiques - «أنوال» - «الاتحاد الاشتراكي» و«العلم» وكذا نشرة «معهد الدراسات والأبحاث للتعريب» (المغرب) و«الحياة» (لندن) و«البيان» (الكويت).
- متعاون دائم (كلمات مسهمة) مع جريدة Liberation المغربية منذ ١٩٩٣.

المشروع القومى للترجمة

المشـروع القومـى للترجمـة مشـروع تنميـة ثقافيـة بالدرجـة الأولى ، ينطلق من الإيجابيات التى حققتها مشروعات الترجمة التى سبقته فى مصر والعالم العربى ويسعى إلى الإضافة بما يفتح الأفق على وعود المستقبل، معتمداً المبادئ التالية :

١- الخروج من أسر المركزية الأوروبية وهيمنة اللغتين الإنجليزية والفرنسية .

٢- التوازن بين المعارف الإنسانية فى المجالات العلمية والفنية والفكرية والإبداعية .

٣- الانحياز إلى كل ما يؤسس لأفكار التقدم وحضور العلم وإشاعة العقلانية والتشجيع على التجريب .

٤- ترجمة الأصول المعرفية التى أصبحت أقرب إلى الإطار المرجعى فى الثقافة الإنسانية المعاصرة، جنباً إلى جنب المنجزات الجديدة التى تضع القارئ فى القلب من حركة الإبداع والفكر العالميين .

٥- العمل على إعداد جيل جديد من المترجمين المتخصصين عن طريق ورش العمل بالتنسيق مع لجنة الترجمة بالمجلس الأعلى للثقافة .

٦- الاستعانة بكل الخبرات العربية وتنسيق الجهود مع المؤسسات المعنية بالترجمة .

المشروع القومى للترجمة

١-	اللغة العليا	چون كوين	أحمد درويش
٢-	الوثنية والإسلام (ط١)	ك. مادهو بانيكار	أحمد فؤاد بلبع
٣-	التراث المسروق	چورج چيمس	شوقى جلال
٤-	كيف تتم كتابة السيناريو	إنجا كاريتنيكوڤا	أحمد الحضرى
٥-	ثريا فى غيبوبة	إسماعيل فصيح	محمد علاء الدين منصور
٦-	اتجاهات البحث اللسانى	ميلكا إڤيتش	سعد مصلوح ووفاء كامل فايد
٧-	العلوم الإنسانية والفلسفة	لوسيان غولدمان	يوسف الأنطكى
٨-	مشعلو الحرائق	ماكس فريش	مصطفى ماهر
٩-	التغيرات البيئية	أندرو. س. جودى	محمود محمد عاشور
١٠-	خطاب الحكاية	چيرار چينيت	محمد معتصم وعبد الجليل الأزدى وعمر حلى
١١-	مختارات شعرية	ڤيسواڤا شيمبوريسكا	هناء عبد الفتاح
١٢-	طريق الحرير	ديڤيد براونيستون وأيرين فرانك	أحمد محمود
١٣-	ديانة الساميين	روبرتسن سميث	عبد الوهاب علوب
١٤-	التحليل النفسى للأدب	چان بيلمان نويل	حسن المودن
١٥-	الحركات الفنية منذ ١٩٤٥	إدوارد لوسى سميث	أشرف رفيق عفيفى
١٦-	أثينة السوداء (جـ١)	مارتن برنال	بإشراف: أحمد عتمان
١٧-	مختارات شعرية	فيليب لاركين	محمد مصطفى بدوى
١٨-	الشعر النسائى فى أمريكا اللاتينية	مختارات	طلعت شاهين
١٩-	الأعمال الشعرية الكاملة	چورج سفيريس	نعيم عطية
٢٠-	قصة العلم	ج. ج. كراوثر	يمنى طريف الخولى و بدوى عبد الفتاح
٢١-	خوخة وألف خوخة وقصص أخرى	صمد بهرنجى	ماجدة العنانى
٢٢-	مذكرات رحالة عن المصريين	چون أنتيس	سيد أحمد على الناصرى
٢٣-	تجلى الجميل	هانز جيورج جادامر	سعيد توفيق
٢٤-	ظلال المستقبل	باتريك بارندر	بكر عباس
٢٥-	مثنوى (٦ أجزاء)	مولانا جلال الدين الرومى	إبراهيم الدسوقى شتا
٢٦-	دين مصر العام	محمد حسين هيكل	أحمد محمد حسين هيكل
٢٧-	التنوع البشرى الخلاق	مجموعة من المؤلفين	بإشراف: جابر عصفور
٢٨-	رسالة فى التسامح	چون لوك	منى أبو سنة
٢٩-	الموت والوجود	چيمس ب. كارس	بدر الديب
٣٠-	الوثنية والإسلام (ط٢)	ك. مادهو بانيكار	أحمد فؤاد بلبع
٣١-	مصادر دراسة التاريخ الإسلامى	چان سوفاجيه - كلود كاين	عبد الستار الحلوجى وعبد الوهاب علوب
٣٢-	الانقراض	ديڤيد روب	مصطفى إبراهيم فهمى
٣٣-	التاريخ الاقتصادى لأفريقيا الغربية	أ. ج. هوپكنز	أحمد فؤاد بلبع
٣٤-	الرواية العربية	روچر آلن	حصة إبراهيم المنيف
٣٥-	الأسطورة والحداثة	پول ب . ديكسون	خليل كلفت
٣٦-	نظريات السرد الحديثة	والاس مارتن	حياة جاسم محمد

-٣٧	واحة سيوة وموسيقاها	بريجيت شيفر	جمال عبد الرحيم
-٣٨	نقد الحداثة	آلن تورين	أنور مغيث
-٣٩	الحسد والإغريق	بيتر والكوت	منيرة كروان
-٤٠	قصائد حب	آن سكستون	محمد عيد إبراهيم
-٤١	ما بعد المركزية الأوروبية	بيتر جران	عاطف أحمد وإبراهيم فتحي ومحمود ماجد
-٤٢	عالم ماك	بنجامين باربر	أحمد محمود
-٤٣	اللهب المزدوج	أوكتافيو پاث	المهدى أخريف
-٤٤	بعد عدة أصياف	ألدوس هكسلى	مارلين تادرس
-٤٥	التراث المغدور	روبرت دينا وچون فاين	أحمد محمود
-٤٦	عشرون قصيدة حب	بابلو نيرودا	محمود السيد على
-٤٧	تاريخ النقد الأدبى الحديث (جـ١)	رينيه ويليك	مجاهد عبد المنعم مجاهد
-٤٨	حضارة مصر الفرعونية	فرانسوا دوما	ماهر جويجاتى
-٤٩	الإسلام فى البلقان	هـ . ت . نوريس	عبد الوهاب علوب
-٥٠	ألف ليلة وليلة أو القول الأسير	جمال الدين بن الشيخ	محمد برادة وعثمانى الميلود ويوسف الأنطكى
-٥١	مسار الرواية الإسبانو أمريكية	داريو بيانويبا وخ. م. بينياليستى	محمد أبو العطا
-٥٢	العلاج النفسى التدعيمى	ب. نوفاليس وس . روچسيفيتز وروجر بيل	لطفى فطيم وعادل دمرداش
-٥٣	الدراما والتعليم	أ . ف . ألنجتون	مرسى سعد الدين
-٥٤	المفهوم الإغريقى للمسرح	ج . مايكل والتون	محسن مصيلحى
-٥٥	ما وراء العلم	چون بولكنجهوم	على يوسف على
-٥٦	الأعمال الشعرية الكاملة (جـ١)	فديريكو غرسية لوركا	محمود على مكى
-٥٧	الأعمال الشعرية الكاملة (جـ٢)	فديريكو غرسية لوركا	محمود السيد و ماهر البطوطى
-٥٨	مسرحيتان	فديريكو غرسية لوركا	محمد أبو العطا
-٥٩	المحبرة (مسرحية)	كارلوس مونييث	السيد السيد سهيم
-٦٠	التصميم والشكل	چوهانز إيتين	صبرى محمد عبد الغنى
-٦١	موسوعة علم الإنسان	شارلوت سيمور - سميث	بإشراف : محمد الجوهرى
-٦٢	لذّة النّص	رولان بارت	محمد خير البقاعى
-٦٣	تاريخ النقد الأدبى الحديث (جـ٢)	رينيه ويليك	مجاهد عبد المنعم مجاهد
-٦٤	برتراند راسل (سيرة حياة)	آلان وود	رمسيس عوض
-٦٥	فى مدح الكسل ومقالات أخرى	برتراند راسل	رمسيس عوض
-٦٦	خمس مسرحيات أندلسية	أنطونيو جالا	عبد اللطيف عبد الحليم
-٦٧	مختارات شعرية	فرناندو بيسوا	المهدى أخريف
-٦٨	نتاشا العجوز وقصص أخرى	ڤالنتين راسبوتين	أشرف الصباغ
-٦٩	العالم الإسلامى فى أوائل القرن العشرين	عبد الرشيد إبراهيم	أحمد فؤاد متولى وهويدا محمد فهمى
-٧٠	ثقافة وحضارة أمريكا اللاتينية	أوخينيو تشانج رودريجث	عبد الحميد غلاب وأحمد حشاد
-٧١	السيدة لا تصلح إلا للرمى	داريو فو	حسين محمود
-٧٢	السياسى العجوز	ت . س . إليوت	فؤاد مجلى
-٧٣	نقد استجابة القارئ	چين ب . تومبكنز	حسن ناظم وعلى حاكم
-٧٤	صلاح الدين والمماليك فى مصر	ل . ا . سيمينوڤا	حسن بيومى

٧٥-	فن التراجم والسير الذاتية	أندريه موروا	أحمد درويش
٧٦-	جاك لاكان وإغواء التحليل النفسى	مجموعة من المؤلفين	عبد المقصود عبد الكريم
٧٧-	تاريخ النقد الأدبى الحديث (جـ٣)	رينيه ويليك	مجاهد عبد المنعم مجاهد
٧٨-	العولمة : النظرية الاجتماعية والثقافة الكونية	رونالد روبرتسون	أحمد محمود ونورا أمين
٧٩-	شعرية التأليف	بوريس أوسبنسكى	سعيد الغانمى وناصر حلاوى
٨٠-	بوشكين عند «نافورة الدموع»	ألكسندر بوشكين	مكارم الغمرى
٨١-	الجماعات المتخيلة	بندكت أندرسن	محمد طارق الشرقاوى
٨٢-	مسرح ميجيل	ميجيل دى أونامونو	محمود السيد على
٨٣-	مختارات شعرية	غوتفريد بن	خالد المعالى
٨٤-	موسوعة الأدب والنقد (جـ١)	مجموعة من المؤلفين	عبد الحميد شيحة
٨٥-	منصور الحلاج (مسرحية)	صلاح زكى أقطاى	عبد الرازق بركات
٨٦-	طول الليل (رواية)	جمال مير صادقى	أحمد فتحى يوسف شتا
٨٧-	نون والقلم (رواية)	جلال آل أحمد	ماجدة العنانى
٨٨-	الابتلاء بالتغرب	جلال آل أحمد	إبراهيم الدسوقى شتا
٨٩-	الطريق الثالث	أنتونى جيدنز	أحمد زايد ومحمد محيى الدين
٩٠-	وسم السيف وقصص أخرى	بورخيس وآخرون	محمد إبراهيم مبروك
٩١-	المسرح والتجريب بين النظرية والتطبيق	باربرا لاسوتسكا - بشونباك	محمد هناء عبد الفتاح
٩٢-	أساليب ومضامين المسرح الإسبانوأمريكى المعاصر	كارلوس ميجيل	نادية جمال الدين
٩٣-	محدثات العولمة	مايك فيذرستون وسكوت لاش	عبد الوهاب علوب
٩٤-	مسرحيتا الحب الأول والصحبة	صمويل بيكيت	فوزية العشماوى
٩٥-	مختارات من المسرح الإسبانى	أنطونيو بويرو باييخو	سرى محمد عبد اللطيف
٩٦-	ثلاث زنبقات ووردة وقصص أخرى	نخبة	إدوار الخراط
٩٧-	هوية فرنسا (مج١)	فرنان برودل	بشير السباعى
٩٨-	الهم الإنسانى والابتزاز الصهيونى	مجموعة من المؤلفين	أشرف الصباغ
٩٩-	تاريخ السينما العالمية (١٨٩٥-١٩٨٠)	ديفيد روبنسون	إبراهيم قنديل
١٠٠-	مساءلة العولمة	بول هيرست وجراهام تومبسون	إبراهيم فتحى
١٠١-	النص الروائى: تقنيات ومناهج	بيرنار فاليط	رشيد بنحدو
١٠٢-	السياسة والتسامح	عبد الكبير الخطيبى	عز الدين الكتانى الإدريسى
١٠٣-	قبر ابن عربى يليه آياء (شعر)	عبد الوهاب المؤدب	محمد بنيس
١٠٤-	أوبرا ماهوجنى (مسرحية)	برتولت بريشت	عبد الغفار مكاوى
١٠٥-	مدخل إلى النص الجامع	جيرار جينيت	عبد العزيز شبيل
١٠٦-	الأدب الأندلسى	ماريا خيسوس روبييرامتى	أشرف على دعدور
١٠٧-	صورة الفدائى فى الشعر الأمريكى اللاتينى المعاصر	نخبة من الشعراء	محمد عبد الله الجعيدى
١٠٨-	ثلاث دراسات عن الشعر الأندلسى	مجموعة من المؤلفين	محمود على مكى
١٠٩-	حروب المياه	چون بولوك وعادل درويش	هاشم أحمد محمد
١١٠-	النساء فى العالم النامى	حسنة بيجوم	منى قطان
١١١-	المرأة والجريمة	فرانسس هيدسون	ريهام حسين إبراهيم
١١٢-	الاحتجاج الهادئ	أرلين علوى ماكليود	إكرام يوسف

١١٣-	راية التمرد	سادى پلانت	أحمد حسان
١١٤-	مسرحيتا حصاد كونجى وسكان المستنقع	وول شوينكا	نسيم مجلى
١١٥-	غرفة تخص المرء وحده	فرچينيا وولف	سمية رمضان
١١٦-	امرأة مختلفة (درية شفيق)	سينثيا نلسون	نهاد أحمد سالم
١١٧-	المرأة والجنوسة فى الإسلام	ليلى أحمد	منى إبراهيم وهالة كمال
١١٨-	النهضة النسائية فى مصر	بث بارون	لميس النقاش
١١٩-	النساء والأسرة وقوانين الطلاق فى التاريخ الإسلامى	أميرة الأزهرى سنبل	بإشراف: رءوف عباس
١٢٠-	الحركة النسائية والتطور فى الشرق الأوسط	ليلى أبو لغد	مجموعة من المترجمين
١٢١-	الدليل الصغير فى كتابة المرأة العربية	فاطمة موسى	محمد الجندى وإيزابيل كمال
١٢٢-	نظام العبودية القديم والنموذج المثالى للإنسان	چوزيف فوجت	منيرة كروان
١٢٣-	الإمبراطورية العثمانية وعلاقاتها الدولية	أنينل ألكسندرو فنادولينا	أنور محمد إبراهيم
١٢٤-	الفجر الكاذب: أوهام الرأسمالية العالمية	چون جراى	أحمد فؤاد بلبع
١٢٥-	التحليل الموسيقى	سيدرك ثورپ ديڤى	سمحة الخولى
١٢٦-	فعل القراءة	ڤولفانج إيسر	عبد الوهاب علوب
١٢٧-	إرهاب (مسرحية)	صفاء فتحى	بشير السباعى
١٢٨-	الأدب المقارن	سوزان باسنيت	أميرة حسن نويرة
١٢٩-	الرواية الإسبانية المعاصرة	ماريا دولورس أسيس جاروته	محمد أبو العطا وآخرون
١٣٠-	الشرق يصعد ثانية	أندريه جوندر فرانك	شوقى جلال
١٣١-	مصر القديمة: التاريخ الاجتماعى	مجموعة من المؤلفين	لويس بقطر
١٣٢-	ثقافة العولمة	مايك فيذرستون	عبد الوهاب علوب
١٣٣-	الخوف من المرايا (رواية)	طارق على	طلعت الشايب
١٣٤-	تشريح حضارة	بارى ج. كيمب	أحمد محمود
١٣٥-	المختار من نقد ت. س. إليوت	ت. س. إليوت	ماهر شفيق فريد
١٣٦-	فلاحو الباشا	كينيث كونو	سحر توفيق
١٣٧-	مذكرات ضابط فى الحملة الفرنسية على مصر	چوزيف مارى مواريه	كاميليا صبحى
١٣٨-	عالم التليفزيون بين الجمال والعنف	أندريه جلوكسمان	وجيه سمعان عبد المسيح
١٣٩-	پارسيڤال (مسرحية)	ريتشارد فاچنر	مصطفى ماهر
١٤٠-	حيث تلتقى الأنهار	هربرت ميسن	أمل الجبورى
١٤١-	اثنتا عشرة مسرحية يونانية	مجموعة من المؤلفين	نعيم عطية
١٤٢-	الإسكندرية : تاريخ ودليل	أ. م. فورستر	حسن بيومى
١٤٣-	قضايا التنظير فى البحث الاجتماعى	ديرك لايدر	عدلى السمرى
١٤٤-	صاحبة اللوكاندة (مسرحية)	كارلو جولدونى	سلامة محمد سليمان
١٤٥-	موت أرتيميو كروث (رواية)	كارلوس فوينتس	أحمد حسان
١٤٦-	الورقة الحمراء (رواية)	ميجيل دى ليبس	على عبدالرءوف البمبى
١٤٧-	مسرحيتان	تانكريد دورست	عبدالغفار مكاوى
١٤٨-	القصة القصيرة: النظرية والتقنية	إنريكى أندرسون إمبرت	على إبراهيم منوفى
١٤٩-	النظرية الشعرية عند إليوت وأدونيس	عاطف فضول	أسامة إسبر
١٥٠-	التجربة الإغريقية	روبرت ج. ليتمان	منيرة كروان

١٥١- هوية فرنسا (مج ٢ ، جـ١)	فرنان برودل	بشير السباعى
١٥٢- عدالة الهنود وقصص أخرى	مجموعة من المؤلفين	محمد محمد الخطابى
١٥٣- غرام الفراعنة	فيولين فانويك	فاطمة عبدالله محمود
١٥٤- مدرسة فرانكفورت	فيل سليتر	خليل كلفت
١٥٥- الشعر الأمريكى المعاصر	نخبة من الشعراء	أحمد مرسى
١٥٦- المدارس الجمالية الكبرى	جى أنبال وآلان وأوديت ڤيرمو	مى التلمسانى
١٥٧- خسرو وشيرين	النظامى الكنجوى	عبدالعزيز بقوش
١٥٨- هوية فرنسا (مج ٢ ، جـ٢)	فرنان برودل	بشير السباعى
١٥٩- الأيديولوچية	ديڤيد هوكس	إبراهيم فتحى
١٦٠- آلة الطبيعة	پول إيرليش	حسين بيومى
١٦١- مسرحيتان من المسرح الإسبانى	أليخاندرو كاسونا وأنطونيو جالا	زيدان عبدالحليم زيدان
١٦٢- تاريخ الكنيسة	يوحنا الآسيوى	صلاح عبدالعزيز محجوب
١٦٣- موسوعة علم الاجتماع (جـ ١)	جوردون مارشال	بإشراف: محمد الجوهرى
١٦٤- شامبوليون (حياة من نور)	چان لاكوتير	نبيل سعد
١٦٥- حكايات الثعلب (قصص أطفال)	أ. ن. أفاناسيفا	سهير المصادفة
١٦٦- العلاقات بين المتدينين والعلمانيين فى إسرائيل	يشعياهو ليڤمان	محمد محمود أبوغدير
١٦٧- فى عالم طاغور	رابندرنات طاغور	شكرى محمد عياد
١٦٨- دراسات فى الأدب والثقافة	مجموعة من المؤلفين	شكرى محمد عياد
١٦٩- إبداعات أدبية	مجموعة من المؤلفين	شكرى محمد عياد
١٧٠- الطريق (رواية)	ميجيل دليبيس	بسام ياسين رشيد
١٧١- وضع حد (رواية)	فرانك بيجو	هدى حسين
١٧٢- حجر الشمس (شعر)	نخبة	محمد محمد الخطابى
١٧٣- معنى الجمال	ولتر ت. ستيس	إمام عبد الفتاح إمام
١٧٤- صناعة الثقافة السوداء	إيليس كاشمور	أحمد محمود
١٧٥- التليفزيون فى الحياة اليومية	لورينزو فيلشس	وجيه سمعان عبد المسيح
١٧٦- نحو مفهوم للاقتصاديات البيئية	توم تيتنبرج	جلال البنا
١٧٧- أنطون تشيخوف	هنرى تروايا	حصة إبراهيم المنيف
١٧٨- مختارات من الشعر اليونانى الحديث	نخبة من الشعراء	محمد حمدى إبراهيم
١٧٩- حكايات أيسوب (قصص أطفال)	أيسوب	إمام عبد الفتاح إمام
١٨٠- قصة جاويد (رواية)	إسماعيل فصيح	سليم عبد الأمير حمدان
١٨١- النقد الأدبى الأمريكى من الثلاثينيات إلى الثمانينيات	فنسنت ب. ليتش	محمد يحيى
١٨٢- العنف والنبوءة (شعر)	و.ب. ييتس	ياسين طه حافظ
١٨٣- چان كوكتو على شاشة السينما	رينيه جيلسون	فتحى العشرى
١٨٤- القاهرة: حالمة لا تنام	هانز إيندورفر	دسوقى سعيد
١٨٥- أسفار العهد القديم فى التاريخ	توماس تومسن	عبد الوهاب علوب
١٨٦- معجم مصطلحات هيجل	ميخائيل إنوود	إمام عبد الفتاح إمام
١٨٧- الأرضة (رواية)	بُزرج علوى	محمد علاء الدين منصور
١٨٨- موت الأدب	ألفين كرنان	بدر الديب

١٨٩- العمى والبصيرة: مقالات فى بلاغة النقد المعاصر	بول دى مان	سعيد الغانمى
١٩٠- محاورات كونفوشيوس	كونفوشيوس	محسن سيد فرجانى
١٩١- الكلام رأسمال وقصص أخرى	الحاج أبو بكر إمام وآخرون	مصطفى حجازى السيد
١٩٢- سياحت نامه إبراهيم بك (جـ١)	زين العابدين المراغى	محمود علاوى
١٩٣- عامل المنجم (رواية)	بيتر أبراهامز	محمد عبد الواحد محمد
١٩٤- مختارات من النقد الأنجلو-أمريكى الحديث	مجموعة من النقاد	ماهر شفيق فريد
١٩٥- شتاء ٨٤ (رواية)	إسماعيل فصيح	محمد علاء الدين منصور
١٩٦- المهلة الأخيرة (رواية)	ڤالنتين راسبوتين	أشرف الصباغ
١٩٧- سيرة الفاروق	شمس العلماء شبلى النعمانى	جلال السعيد الحفناوى
١٩٨- الاتصال الجماهيرى	إدوين إمرى وآخرون	إبراهيم سلامة إبراهيم
١٩٩- تاريخ يهود مصر فى الفترة العثمانية	يعقوب لانداو	جمال أحمد الرفاعى وأحمد عبد اللطيف حماد
٢٠٠- ضحايا التنمية: المقاومة والبدائل	چيرمى سيبروك	فخرى لبيب
٢٠١- الجانب الدينى للفلسفة	جوزايا رويس	أحمد الأنصارى
٢٠٢- تاريخ النقد الأدبى الحديث (جـ٤)	رينيه ويليك	مجاهد عبد المنعم مجاهد
٢٠٣- الشعر والشاعرية	ألطاف حسين حالى	جلال السعيد الحفناوى
٢٠٤- تاريخ نقد العهد القديم	زالمان شازار	أحمد هويدى
٢٠٥- الجينات والشعوب واللغات	لويجى لوقا كافاللى- سفورزا	أحمد مستجير
٢٠٦- الهيولية تصنع علماً جديداً	چيمس جلايك	على يوسف على
٢٠٧- ليل أفريقى (رواية)	رامون خوتاسندير	محمد أبو العطا
٢٠٨- شخصية العربى فى المسرح الإسرائيلى	دان أوريان	محمد أحمد صالح
٢٠٩- السرد والمسرح	مجموعة من المؤلفين	أشرف الصباغ
٢١٠- مثنويات حكيم سنائى (شعر)	سنائى الغزنوى	يوسف عبد الفتاح فرج
٢١١- فردينان دوسوسير	جوناثان كلر	محمود حمدى عبد الغنى
٢١٢- قصص الأمير مرزبان على لسان الحيوان	مرزبان بن رستم بن شروين	يوسف عبدالفتاح فرج
٢١٣- مصر منذ قدوم نابليون حتى رحيل عبدالناصر	ريمون فلاور	سيد أحمد على الناصرى
٢١٤- قواعد جديدة للمنهج فى علم الاجتماع	أنتونى جيدنز	محمد محيى الدين
٢١٥- سياحت نامه إبراهيم بك (جـ٢)	زين العابدين المراغى	محمود علاوى
٢١٦- جوانب أخرى من حياتهم	مجموعة من المؤلفين	أشرف الصباغ
٢١٧- مسرحيتان طليعيتان	صمويل بيكيت وهارولد بينتر	نادية البنهاوى
٢١٨- لعبة الحجلة (رواية)	خوليو كورتاثار	على إبراهيم منوفى
٢١٩- بقايا اليوم (رواية)	كازو إيشجورو	طلعت الشايب
٢٢٠- الهيولية فى الكون	بارى باركر	على يوسف على
٢٢١- شعرية كفافى	جريجورى جوزدانيس	رفعت سلام
٢٢٢- فرانز كافكا	رونالد جراى	نسيم مجلى
٢٢٣- العلم فى مجتمع حر	باول فيرابند	السيد محمد نفادى
٢٢٤- دمار يوغسلافيا	برانكا ماجاس	منى عبدالظاهر إبراهيم
٢٢٥- حكاية غريق (رواية)	جابرييل جارثيا ماركيث	السيد عبدالظاهر السيد
٢٢٦- أرض المساء وقصائد أخرى	ديڤيد هربت لورانس	طاهر محمد على البربرى

٢٢٧-	المسرح الإسبانى فى القرن السابع عشر	خوسيه ماريا ديث بوركى	السيد عبدالظاهر عبدالله
٢٢٨-	علم الجمالية وعلم اجتماع الفن	جانيت وولف	مارى تيريز عبدالمسيح وخالد حسن
٢٢٩-	مأزق البطل الوحيد	نورمان كيجان	أمير إبراهيم العمرى
٢٣٠-	عن الذباب والفئران والبشر	فرانسواز جاكوب	مصطفى إبراهيم فهمى
٢٣١-	الدرافيل أو الجيل الجديد (مسرحية)	خايمى سالوم بيدال	جمال عبدالرحمن
٢٣٢-	ما بعد المعلومات	توم ستونير	مصطفى إبراهيم فهمى
٢٣٣-	فكرة الاضمحلال فى التاريخ الغربى	آرثر هيرمان	طلعت الشايب
٢٣٤-	الإسلام فى السودان	ج. سبنسر تريمنجهام	فؤاد محمد عكود
٢٣٥-	ديوان شمس تبريزى (جـ١)	مولانا جلال الدين الرومى	إبراهيم الدسوقى شتا
٢٣٦-	الولاية	ميشيل شودكيفيتش	أحمد الطيب
٢٣٧-	مصر أرض الوادى	روبين فيدين	عنايات حسين طلعت
٢٣٨-	العولمة والتحرير	تقرير لمنظمة الأنكتاد	ياسر محمد جادالله وعربى مدبولى أحمد
٢٣٩-	العربى فى الأدب الإسرائيلى	جيلا رامراز - رايوخ	نادية سليمان حافظ وإيهاب صلاح فايق
٢٤٠-	الإسلام والغرب وإمكانية الحوار	كاى حافظ	صلاح محجوب إدريس
٢٤١-	فى انتظار البرابرة (رواية)	ج . م. كوتزى	ابتسام عبدالله
٢٤٢-	سبعة أنماط من الغموض	وليام إمبسون	صبرى محمد حسن
٢٤٣-	تاريخ إسبانيا الإسلامية (مج١)	ليفى بروفنسال	بإشراف: صلاح فضل
٢٤٤-	الغليان (رواية)	لاورا إسكيبيل	نادية جمال الدين محمد
٢٤٥-	نساء مقاتلات	إليزابيتا أديس وآخرون	توفيق على منصور
٢٤٦-	مختارات قصصية	جابرييل جارثيا ماركيث	على إبراهيم منوفى
٢٤٧-	الثقافة الجماهيرية والحداثة فى مصر	والتر أرمبرست	محمد طارق الشرقاوى
٢٤٨-	حقول عدن الخضراء (مسرحية)	أنطونيو جالا	عبداللطيف عبدالحليم
٢٤٩-	لغة التمزق (شعر)	دراجو شتامبوك	رفعت سلام
٢٥٠-	علم اجتماع العلوم	دومنيك فينك	ماجدة محسن أباظة
٢٥١-	موسوعة علم الاجتماع (جـ٢)	جوردون مارشال	بإشراف: محمد الجوهرى
٢٥٢-	رائدات الحركة النسوية المصرية	مارجو بدران	على بدران
٢٥٣-	تاريخ مصر الفاطمية	ل. أ. سيمينوڤا	حسن بيومى
٢٥٤-	أقدم لك: الفلسفة	ديڤ روبنسون وجودى جروفز	إمام عبد الفتاح إمام
٢٥٥-	أقدم لك: أفلاطون	ديڤ روبنسون وجودى جروفز	إمام عبد الفتاح إمام
٢٥٦-	أقدم لك: ديكارت	ديف روبنسون وكريس جارات	إمام عبد الفتاح إمام
٢٥٧-	تاريخ الفلسفة الحديثة	وليم كلى رايت	محمود سيد أحمد
٢٥٨-	الغجر	سير أنجوس فريزر	عُبادة كُحيلة
٢٥٩-	مختارات من الشعر الأرمنى عبر العصور	نخبة	ڤاروجان كازانجيان
٢٦٠-	موسوعة علم الاجتماع (جـ٣)	جوردون مارشال	بإشراف: محمد الجوهرى
٢٦١-	رحلة فى فكر زكى نجيب محمود	زكى نجيب محمود	إمام عبد الفتاح إمام
٢٦٢-	مدينة المعجزات (رواية)	إدواردو مندوثا	محمد أبو العطا
٢٦٣-	الكشف عن حافة الزمن	چون جريبن	على يوسف على
٢٦٤-	إبداعات شعرية مترجمة	هوراس وشلى	لويس عوض

٢٦٥-	روايات مترجمة	أوسكار وايلد وصمويل جونسون	لويس عوض
٢٦٦-	مدير المدرسة (رواية)	جلال آل أحمد	عادل عبدالمنعم على
٢٦٧-	فن الرواية	ميلان كونديرا	بدر الدين عرودكى
٢٦٨-	ديوان شمس تبريزى (جـ٢)	مولانا جلال الدين الرومى	إبراهيم الدسوقى شتا
٢٦٩-	وسط الجزيرة العربية وشرقها (جـ١)	وليم چيفور بالجريف	صبرى محمد حسن
٢٧٠-	وسط الجزير العربية وشرقها (جـ٢)	وليم چيفور بالجريف	صبرى محمد حسن
٢٧١-	الحضارة الغربية: الفكرة والتاريخ	توماس سى. باترسون	شوقى جلال
٢٧٢-	الأديرة الأثرية فى مصر	سى. سى. والترز	إبراهيم سلامة إبراهيم
٢٧٣-	الأصول الاجتماعية والثقافية لحركة عرابى فى مصر	چوان كول	عنان الشهاوى
٢٧٤-	السيدة باربارا (رواية)	رومولو جاييجوس	محمود على مكى
٢٧٥-	ت. س. إليوت شاعراً وناقداً وكاتباً مسرحياً	مجموعة من النقاد	ماهر شفيق فريد
٢٧٦-	فنون السينما	مجموعة من المؤلفين	عبدالقادر التلمسانى
٢٧٧-	الچينات والصراع من أجل الحياة	براين فورد	أحمد فوزى
٢٧٨-	البدايات	إسحاق عظيموف	ظريف عبدالله
٢٧٩-	الحرب الباردة الثقافية	ف.س. سوندرز	طلعت الشايب
٢٨٠-	الأم والنصيب وقصص أخرى	بريم شند وآخرون	سمير عبدالحميد إبراهيم
٢٨١-	الفردوس الأعلى (رواية)	عبد الحليم شرر	جلال الحفناوى
٢٨٢-	طبيعة العلم غير الطبيعية	لويس وولبرت	سمير حنا صادق
٢٨٣-	السهل يحترق وقصص أخرى	خوان رولفو	على عبد الرءوف البمبى
٢٨٤-	هرقل مجنوناً (مسرحية)	يوربيديس	أحمد عتمان
٢٨٥-	رحلة خواجة حسن نظامى الدهلوى	حسن نظامى الدهلوى	سمير عبد الحميد إبراهيم
٢٨٦-	سياحت نامه إبراهيم بك (جـ٣)	زين العابدين المراغى	محمود علاوى
٢٨٧-	الثقافة والعولمة والنظام العالمى	أنتونى كنج	محمد يحيى وآخرون
٢٨٨-	الفن الروائى	ديڤيد لودج	ماهر البطوطى
٢٨٩-	ديوان منوچهرى الدامغانى	أبو نجم أحمد بن قوص	محمد نور الدين عبدالمنعم
٢٩٠-	علم اللغة والترجمة	چورچ مونان	أحمد زكريا إبراهيم
٢٩١-	تاريخ المسرح الإسبانى فى القرن العشرين (جـ١)	فرانشسكو رويس رامون	السيد عبد الظاهر
٢٩٢-	تاريخ المسرح الإسبانى فى القرن العشرين (جـ٢)	فرانشسكو رويس رامون	السيد عبد الظاهر
٢٩٣-	مقدمة للأدب العربى	روچر آلن	مجدى توفيق وآخرون
٢٩٤-	فن الشعر	بوالو	رجاء ياقوت
٢٩٥-	سلطان الأسطورة	چوزيف كامبل وبيل موريز	بدر الديب
٢٩٦-	مكبث (مسرحية)	وليم شكسبير	محمد مصطفى بدوى
٢٩٧-	فن النحو بين اليونانية والسريانية	ديونيسيوس ثراكس ويوسف الأهوازى	ماجدة محمد أنور
٢٩٨-	مأساة العبيد وقصص أخرى	نخبة	مصطفى حجازى السيد
٢٩٩-	ثورة فى التكنولوجيا الحيوية	چين ماركس	هاشم أحمد محمد
٣٠٠-	أسطورة بروميثيوس فى الأدبين الإنجليزى والفرنسى (مج١)	لويس عوض	جمال الجزيرى وبهاء چاهين وإيزابيل كمال
٣٠١-	أسطورة بروميثيوس فى الأدبين الإنجليزى والفرنسى (مج٢)	لويس عوض	جمال الجزيرى و محمد الجندى
٣٠٢-	أقدم لك: فنجنشتين	چون هيتون وجودى جروڤز	إمام عبد الفتاح إمام

٣٠٣-	أقدم لك: بوذا	چين هوب وبورن فان لون	إمام عبد الفتاح إمام
٣٠٤-	أقدم لك: ماركس	ريوس	إمام عبد الفتاح إمام
٣٠٥-	الجلد (رواية)	كروزيو مالابارته	صلاح عبد الصبور
٣٠٦-	الحماسة: النقد الكانطي للتاريخ	چان فرانسوا ليوتار	نبيل سعد
٣٠٧-	أقدم لك: الشعور	ديڤيد بابينو وهوارد سلينا	محمود مكى
٣٠٨-	أقدم لك: علم الوراثة	ستيف چونز وبورين فان لو	ممدوح عبد المنعم
٣٠٩-	أقدم لك: الذهن والمخ	أنجوس جيلاتى وأوسكار زاريت	جمال الجزيرى
٣١٠-	أقدم لك: يونج	ماجى هايد ومايكل ماكجنس	محيى الدين مزيد
٣١١-	مقال فى المنهج الفلسفى	ر.ج كولنجوود	فاطمة إسماعيل
٣١٢-	روح الشعب الأسود	وليم ديبويس	أسعد حليم
٣١٣-	أمثال فلسطينية (شعر)	خايير بيان	محمد عبدالله الجعيدى
٣١٤-	مارسيل دوشامب: الفن كعدم	چانيس مينيك	هويدا السباعى
٣١٥-	جرامشى فى العالم العربى	ميشيل بروندينو والطاهر لبيب	كاميليا صبحى
٣١٦-	محاكمة سقراط	أى. ف. ستون	نسيم مجلى
٣١٧-	بلا غد	س. شير لايموڤا- س. زنيكين	أشرف الصباغ
٣١٨-	الأدب الروسى فى السنوات العشر الأخيرة	مجموعة من المؤلفين	أشرف الصباغ
٣١٩-	صور دريدا	جايترى سپيڤاك وكرستوفر نوريس	حسام نايل
٣٢٠-	لمعة السراج لحضرة التاج	مؤلف مجهول	محمد علاء الدين منصور
٣٢١-	تاريخ إسبانيا الإسلامية (مج٢، جـ١)	ليڤى برو ڤنسال	بإشراف: صلاح فضل
٣٢٢-	وجهات نظر حديثة فى تاريخ الفن الغربى	دبليو يوچين كلينباور	خالد مفلح حمزة
٣٢٣-	فن الساتورا	تراث يونانى قديم	هانم محمد فوزى
٣٢٤-	اللعب بالنار (رواية)	أشرف أسدى	محمود علاوى
٣٢٥-	عالم الآثار (رواية)	فيليب بوسان	كرستين يوسف
٣٢٦-	المعرفة والمصلحة	يورجين هابرماس	حسن صقر
٣٢٧-	مختارات شعرية مترجمة (جـ١)	نخبة	توفيق على منصور
٣٢٨-	يوسف وزليخا (شعر)	نور الدين عبد الرحمن الجامى	عبد العزيز بقوش
٣٢٩-	رسائل عيد الميلاد (شعر)	تد هيوز	محمد عيد إبراهيم
٣٣٠-	كل شىء عن التمثيل الصامت	مارڤن شبرد	سامى صلاح
٣٣١-	عندما جاء السردين وقصص أخرى	ستيفن جراى	سامية دياب
٣٣٢-	شهر العسل وقصص أخرى	نخبة	على إبراهيم منوفى
٣٣٣-	الإسلام فى بريطانيا من ١٥٥٨-١٦٨٥	نبيل مطر	بكر عباس
٣٣٤-	لقطات من المستقبل	آرثر كلارك	مصطفى إبراهيم فهمى
٣٣٥-	عصر الشك: دراسات عن الرواية	ناتالى ساروت	فتحى العشرى
٣٣٦-	متون الأهرام	نصوص مصرية قديمة	حسن صابر
٣٣٧-	فلسفة الولاء	چوزايا رويس	أحمد الأنصارى
٣٣٨-	نظرات حائرة وقصص أخرى	نخبة	جلال الحفناوى
٣٣٩-	تاريخ الأدب فى إيران (جـ٣)	إدوارد براون	محمد علاء الدين منصور
٣٤٠-	اضطراب فى الشرق الأوسط	بيرش بيربروجلو	فخرى لبيب

٣٤١-	قصائد من رلكه (شعر)	راينر ماريا ريلكه	حسن حلمى
٣٤٢-	سلامان وأبسال (شعر)	نور الدين عبدالرحمن الجامى	عبد العزيز بقوش
٣٤٣-	العالم البرجوازى الزائل (رواية)	نادين جورديمر	سمير عبد ربه
٣٤٤-	الموت فى الشمس (رواية)	بيتر بالانجيو	سمير عبد ربه
٣٤٥-	الركض خلف الزمان (شعر)	يونه ندائى	يوسف عبد الفتاح فرج
٣٤٦-	سحر مصر	رشاد رشدى	جمال الجزيرى
٣٤٧-	الصبية الطائشون (رواية)	چان كوكتو	بكر الحلو
٣٤٨-	المتصوفة الأولون فى الأدب التركى (جـ١)	محمد فؤاد كوبريلى	عبدالله أحمد إبراهيم
٣٤٩-	دليل القارئ إلى الثقافة الجادة	آرثر والدهورن وآخرون	أحمد عمر شاهين
٣٥٠-	بانوراما الحياة السياحية	مجموعة من المؤلفين	عطية شحاتة
٣٥١-	مبادئ المنطق	چوزايا رويس	أحمد الانصارى
٣٥٢-	قصائد من كفافيس	قسطنطين كفافيس	نعيم عطية
٣٥٣-	الفن الإسلامى فى الأندلس: الزخرفة الهندسية	باسيليو بابون مالدونادو	على إبراهيم منوفى
٣٥٤-	الفن الإسلامى فى الأندلس: الزخرفة النباتية	باسيليو بابون مالدونادو	على إبراهيم منوفى
٣٥٥-	التيارات السياسية فى إيران المعاصرة	حجت مرتجى	محمود علاوى
٣٥٦-	الميراث المر	بول سالم	بدر الرفاعى
٣٥٧-	متون هرمس	تيموثى فريك وبيتر غاندى	عمر الفاروق عمر
٣٥٨-	أمثال الهوسا العامية	نخبة	مصطفى حجازى السيد
٣٥٩-	محاورة بارمنيدس	أفلاطون	حبيب الشارونى
٣٦٠-	أنثروبولوچيا اللغة	أندريه چاكوب ونويلا باركان	ليلى الشربينى
٣٦١-	التصحر: التهديد والمجابهة	آلان جرينجر	عاطف معتمد وآمال شاور
٣٦٢-	تلميذ بابنبرج (رواية)	هاينرش شبورل	سيد أحمد فتح الله
٣٦٣-	حركات التحرير الأفريقية	ريتشارد چيبسون	صبرى محمد حسن
٣٦٤-	حداثة شكسبير	إسماعيل سراج الدين	نجلاء أبو عجاج
٣٦٥-	سأم باريس (شعر)	شارل بودلير	محمد أحمد حمد
٣٦٦-	نساء يركضن مع الذئاب	كلاريسا بنكولا	مصطفى محمود محمد
٣٦٧-	القلم الجرىء	مجموعة من المؤلفين	البرّاق عبدالهادى رضا
٣٦٨-	المصطلح السردى: معجم مصطلحات	چيرالد برنس	عابد خزندار
٣٦٩-	المرأة فى أدب نجيب محفوظ	فوزية العشماوى	فوزية العشماوى
٣٧٠-	الفن والحياة فى مصر الفرعونية	كليرلا لويت	فاطمة عبدالله محمود
٣٧١-	المتصوفة الأولون فى الأدب التركى (جـ٢)	محمد فؤاد كوبريلى	عبدالله أحمد إبراهيم
٣٧٢-	عاش الشباب (رواية)	وانغ مينغ	وحيد السعيد عبدالحميد
٣٧٣-	كيف تعد رسالة دكتوراه	أومبرتو إيكو	على إبراهيم منوفى
٣٧٤-	اليوم السادس (رواية)	أندريه شديد	حمادة إبراهيم
٣٧٥-	الخلود (رواية)	ميلان كونديرا	خالد أبو اليزيد
٣٧٦-	الغضب وأحلام السنين (مسرحيات)	چان أنوى وآخرون	إدوار الخراط
٣٧٧-	تاريخ الأدب فى إيران (جـ٤)	إدوارد براون	محمد علاء الدين منصور
٣٧٨-	المسافر (شعر)	محمد إقبال	يوسف عبدالفتاح فرج

٣٧٩- ملك فى الحديقة (رواية)	سنيل باث	جمال عبدالرحمن
٣٨٠- حديث عن الخسارة	جونتر جراس	شيرين عبدالسلام
٣٨١- أساسيات اللغة	ر. ل. تراسك	رانيا إبراهيم يوسف
٣٨٢- تاريخ طبرستان	بهاء الدين محمد اسفنديار	أحمد محمد نادى
٣٨٣- هدية الحجاز (شعر)	محمد إقبال	سمير عبدالحميد إبراهيم
٣٨٤- القصص التى يحكيها الأطفال	سوزان إنجيل	إيزابيل كمال
٣٨٥- مشترى العشق (رواية)	محمد على بهزادراد	يوسف عبدالفتاح فرج
٣٨٦- دفاعًا عن التاريخ الأدبى النسوى	جانيت تود	ريهام حسين إبراهيم
٣٨٧- أغنيات وسوناتات (شعر)	چون دن	بهاء چاهين
٣٨٨- مواعظ سعدى الشيرازى (شعر)	سعدى الشيرازى	محمد علاء الدين منصور
٣٨٩- تفاهم وقصص أخرى	نخبة	سمير عبدالحميد إبراهيم
٣٩٠- الأرشيفات والمدن الكبرى	إم. فى. روبرتس	عثمان مصطفى عثمان
٣٩١- الحافلة الليلكية (رواية)	مايف بينشى	منى الدروبى
٣٩٢- مقامات ورسائل أندلسية	فرناندو دى لاجرانجا	عبداللطيف عبدالحليم
٣٩٣- فى قلب الشرق	ندوة لويس ماسينيون	زينب محمود الخضيرى
٣٩٤- القوى الأربع الأساسية فى الكون	پول ديڤيز	هاشم أحمد محمد
٣٩٥- آلام سياوش (رواية)	إسماعيل فصيح	سليم عبد الأمير حمدان
٣٩٦- السافاك	تقى نجارى راد	محمود علاوى
٣٩٧- أقدم لك: نيتشه	لورانس جين وكيتى شين	إمام عبدالفتاح إمام
٣٩٨- أقدم لك: سارتر	فيليب تودى وهوارد ريد	إمام عبدالفتاح إمام
٣٩٩- أقدم لك: كامى	ديڤيد ميروفتش وآلن كوركس	إمام عبدالفتاح إمام
٤٠٠- مومو (رواية)	ميشائيل إنده	باهر الجوهرى
٤٠١- أقدم لك: علم الرياضيات	زياودن ساردر وآخرون	ممدوح عبد المنعم
٤٠٢- أقدم لك: ستيفن هوكنج	ج. ب. ماك إيفوى وأوسكار زاريت	ممدوح عبدالمنعم
٤٠٣- ربة المطر والملابس تصنع الناس (روايتان)	تودور شتورم وجوتفرد كولر	عماد حسن بكر
٤٠٤- تعويذة الحسى	ديڤيد إبرام	ظبية خميس
٤٠٥- إيزابيل (رواية)	أندريه جيد	حمادة إبراهيم
٤٠٦- المستعربون الإسبان فى القرن ١٩	مانويلا مانتاناريس	جمال عبد الرحمن
٤٠٧- الأدب الإسبانى المعاصر بأقلام كتابه	مجموعة من المؤلفين	طلعت شاهين
٤٠٨- معجم تاريخ مصر	چوان فوتشركنج	عنان الشهاوى
٤٠٩- انتصار السعادة	برتراند راسل	إلهامى عمارة
٤١٠- خلاصة القرن	كارل بوبر	الزواوى بغورة
٤١١- همس من الماضى	چينيفر أكرمان	أحمد مستجير
٤١٢- تاريخ إسبانيا الإسلامية (مج٢، جـ٢)	ليڤى بروڤنسال	بإشراف: صلاح فضل
٤١٣- أغنيات المنفى (شعر)	ناظم حكمت	محمد البخارى
٤١٤- الجمهورية العالمية للآداب	باسكال كازانوڤا	أمل الصبان
٤١٥- صورة كوكب (مسرحية)	فريدريش دورينمات	أحمد كامل عبدالرحيم
٤١٦- مبادئ النقد الأدبى والعلم والشعر	أ. أ. رتشاردز	محمد مصطفى بدوى

٤١٧-	تاريخ النقد الأدبى الحديث (جـ٥)	رينيه ويليك	مجاهد عبدالمنعم مجاهد
٤١٨-	سياسات الزمر الحاكمة فى مصر العثمانية	چين هاثواى	عبد الرحمن الشيخ
٤١٩-	العصر الذهبى للإسكندرية	چون مارلو	نسيم مجلى
٤٢٠-	مكرو ميجاس (قصة فلسفية)	ڤولتير	الطيب بن رجب
٤٢١-	الولاء والقيادة فى المجتمع الإسلامى الأول	روى متحدة	أشرف كيلانى
٤٢٢-	رحلة لاستكشاف أفريقيا (جـ١)	ثلاثة من الرحالة	عبدالله عبدالرازق إبراهيم
٤٢٣-	إسراءات الرجل الطيف	نخبة	وحيد النقاش
٤٢٤-	لوائح الحق ولوامع العشق (شعر)	نور الدين عبدالرحمن الجامى	محمد علاء الدين منصور
٤٢٥-	من طاووس إلى فرح	محمود طلوعى	محمود علاوى
٤٢٦-	الخفافيش وقصص أخرى	نخبة	محمد علاء الدين منصور وعبد الحفيظ يعقوب
٤٢٧-	باندیراس الطاغية (رواية)	باى إنكلان	ثريا شلبى
٤٢٨-	الخزانة الخفية	محمد هوتك بن داود خان	محمد أمان صافى
٤٢٩-	أقدم لك: هيجل	ليود سبنسر وأندزجى كروز	إمام عبدالفتاح إمام
٤٣٠-	أقدم لك: كانط	كرستوفر وانت وأندزجى كليموفسكى	إمام عبدالفتاح إمام
٤٣١-	أقدم لك: فوكو	كريس هوروكس وزوران جفتيك	إمام عبدالفتاح إمام
٤٣٢-	أقدم لك: ماكياڤللى	پاتريك كيرى وأوسكار زاريت	إمام عبدالفتاح إمام
٤٣٣-	أقدم لك: جويس	ديڤيد نوريس وكارل فلنت	حمدى الجابرى
٤٣٤-	أقدم لك: الرومانسية	دونكان هيث وچودى بورهام	عصام حجازى
٤٣٥-	توجهات ما بعد الحداثة	نيكولاس زربرج	ناجى رشوان
٤٣٦-	تاريخ الفلسفة (مج١)	فردريك كوبلستون	إمام عبدالفتاح إمام
٤٣٧-	رحالة هندى فى بلاد الشرق العربى	شبلى النعمانى	جلال الحفناوى
٤٣٨-	بطلات وضحايا	إيمان ضياء الدين بيبرس	عايدة سيف الدولة
٤٣٩-	موت المرابى (رواية)	صدر الدين عينى	محمد علاء الدين منصور وعبد الحفيظ يعقوب
٤٤٠-	قواعد اللهجات العربية الحديثة	كرستن بروستاد	محمد طارق الشرقاوى
٤٤١-	رب الأشياء الصغيرة (رواية)	أرونداتى روى	فخرى لبيب
٤٤٢-	حتشبسوت: المرأة الفرعونية	فوزية أسعد	ماهر جويجاتى
٤٤٣-	اللغة العربية: تاريخها ومستوياتها وتأثيرها	كيس فرستيغ	محمد طارق الشرقاوى
٤٤٤-	أمريكا اللاتينية: الثقافات القديمة	لاوريت سيجورنه	صالح علمانى
٤٤٥-	حول وزن الشعر	پرويز ناتل خانلرى	محمد محمد يونس
٤٤٦-	التحالف الأسود	ألكسندر كوكبرن وجيفرى سانت كلير	أحمد محمود
٤٤٧-	ملحمة السِّيد	تراث شعبى إسبانى	الطاهر أحمد مكى
٤٤٨-	الفلاحون (ميراث الترجمة)	الأب عيروط	محى الدين اللبان ووليم داوود مرقس
٤٤٩-	أقدم لك: الحركة النسوية	نخبة	جمال الجزيرى
٤٥٠-	أقدم لك: ما بعد الحركة النسوية	صوفيا فوكا وريبيكا رايت	جمال الجزيرى
٤٥١-	أقدم لك: الفلسفة الشرقية	ريتشارد أوزبورن وبورن ڤان لون	إمام عبد الفتاح إمام
٤٥٢-	أقدم لك: لينين والثورة الروسية	ريتشارد إبجينانزى وأوسكار زاريت	محيى الدين مزيد
٤٥٣-	القاهرة: إقامة مدينة حديثة	چان لوك أرنو	حليم طوسون وفؤاد الدهان
٤٥٤-	خمسون عاماً من السينما الفرنسية	رينيه بريدال	سوزان خليل

٤٥٥-	تاريخ الفلسفة الحديثة (مج٥)	فردريك كوبلستون	محمود سيد أحمد
٤٥٦-	لا تنسنى (رواية)	مريم جعفرى	هويدا عزت محمد
٤٥٧-	النساء فى الفكر السياسى الغربى	سوزان موللر أوكين	إمام عبدالفتاح إمام
٤٥٨-	الموريسكيون الأندلسيون	مرثيديس غارثيا أرينال	جمال عبد الرحمن
٤٥٩-	نحو مفهوم لاقتصاديات الموارد الطبيعية	توم تيتنبرج	جلال البنا
٤٦٠-	أقدم لك: الفاشية والنازية	ستوارت هود وليتزا جانستز	إمام عبدالفتاح إمام
٤٦١-	أقدم لك: لكان	داريان ليدر وجودى جروفز	إمام عبدالفتاح إمام
٤٦٢-	طه حسين من الأزهر إلى السوربون	عبدالرشيد الصادق محمودى	عبدالرشيد الصادق محمودى
٤٦٣-	الدولة المارقة	ويليام بلوم	كمال السيد
٤٦٤-	ديمقراطية للقلة	مايكل بارنتى	حصة إبراهيم المنيف
٤٦٥-	قصص اليهود	لويس جنزبيرج	جمال الرفاعى
٤٦٦-	حكايات حب وبطولات فرعونية	ڤيولين فانويك	فاطمة عبد الله
٤٦٧-	التفكير السياسى والنظرة السياسية	ستيفين ديلو	ربيع وهبة
٤٦٨-	روح الفلسفة الحديثة	چوزايا رويس	أحمد الأنصارى
٤٦٩-	جلال الملوك	نصوص حبشية قديمة	مجدى عبدالرازق
٤٧٠-	الأراضى والجودة البيئية	جارى م. بيرزنسكى وآخرون	محمد السيد النتة
٤٧١-	رحلة لاستكشاف أفريقيا (جـ٢)	ثلاثة من الرحالة	عبد الله عبد الرازق إبراهيم
٤٧٢-	دون كيخوتى (القسم الأول)	ميجيل دى ثربانتس سابيدرا	سليمان العطار
٤٧٣-	دون كيخوتى (القسم الثانى)	ميجيل دى ثربانتس سابيدرا	سليمان العطار
٤٧٤-	الأدب والنسوية	بام موريس	سهام عبدالسلام
٤٧٥-	صوت مصر: أم كلثوم	ڤرچينيا دانيلسون	عادل هلال عنانى
٤٧٦-	أرض الحبايب بعيدة: بيرم التونسى	ماريلين بوث	سحر توفيق
٤٧٧-	تاريخ الصين منذ ما قبل التاريخ حتى القرن العشرين	هيلدا هوخام	أشرف كيلانى
٤٧٨-	الصين والولايات المتحدة	ليوشيه شنج و لى شى دونج	عبد العزيز حمدى
٤٧٩-	المقهـــى (مسرحية)	لاو شه	عبد العزيز حمدى
٤٨٠-	تساى ون جى (مسرحية)	كو مو روا	عبد العزيز حمدى
٤٨١-	بردة النبى	روى متحدة	رضوان السيد
٤٨٢-	موسوعة الأساطير والرموز الفرعونية	روبير چاك تيبو	فاطمة عبد الله
٤٨٣-	النسوية وما بعد النسوية	سارة چامبل	أحمد الشامى
٤٨٤-	جمالية التلقى	هانسن روبيرت ياوس	رشيد بنحدو
٤٨٥-	التوبة (رواية)	نذير أحمد الدهلوى	سمير عبدالحميد إبراهيم
٤٨٦-	الذاكرة الحضارية	يان أسمن	عبدالحليم عبدالغنى رجب
٤٨٧-	الرحلة الهندية إلى الجزيرة العربية	رفيع الدين المراد آبادى	سمير عبدالحميد إبراهيم
٤٨٨-	الحب الذى كان وقصائد أخرى	نخبة	سمير عبدالحميد إبراهيم
٤٨٩-	هُسِّرل: الفلسفة علمًا دقيقًا	إدموند هُسِّرل	محمود رجب
٤٩٠-	أسمار الببغاء	محمد قادرى	عبد الوهاب علوب
٤٩١-	نصوص قصصية من روائع الأدب الأفريقى	نخبة	سمير عبد ربه
٤٩٢-	محمد على مؤسس مصر الحديثة	چى ڤارچيت	محمد رفعت عواد

٤٩٣-	خطابات إلى طالب الصوتيات	هارولد بالمر	محمد صالح الضالع
٤٩٤-	كتاب الموتى: الخروج فى النهار	نصوص مصرية قديمة	شريف الصيفى
٤٩٥-	اللوبى	إدوارد تيفان	حسن عبد ربه المصرى
٤٩٦-	الحكم والسياسة فى أفريقيا (جـ١)	إكوادو بانولى	مجموعة من المترجمين
٤٩٧-	العلمانية والنوع والدولة فى الشرق الأوسط	نادية العلى	مصطفى رياض
٤٩٨-	النساء والنوع فى الشرق الأوسط الحديث	جوديث تاكر ومارجريت مريودز	أحمد على بدوى
٤٩٩-	تقاطعات: الأمة والمجتمع والنوع	مجموعة من المؤلفين	فيصل بن خضراء
٥٠٠-	فى طفولتى: دراسة فى السيرة الذاتية العربية	تيتز رووكى	طلعت الشايب
٥٠١-	تاريخ النساء فى الغرب (جـ١)	آرثر جولد هامر	سحر فراج
٥٠٢-	أصوات بديلة	مجموعة من المؤلفين	هالة كمال
٥٠٣-	مختارات من الشعر الفارسى الحديث	نخبة من الشعراء	محمد نور الدين عبدالمنعم
٥٠٤-	كتابات أساسية (جـ١)	مارتن هايدجر	إسماعيل المصدق
٥٠٥-	كتابات أساسية (جـ٢)	مارتن هايدجر	إسماعيل المصدق
٥٠٦-	ربما كان قديساً (رواية)	آن تيلر	عبدالحميد فهمى الجمال
٥٠٧-	سيدة الماضى الجميل (مسرحية)	بيتر شيفر	شوقى فهيم
٥٠٨-	المولوية بعد جلال الدين الرومى	عبدالباقى جلبنارلى	عبدالله أحمد إبراهيم
٥٠٩-	الفقر والإحسان فى عصر سلاطين المماليك	آدم صبرة	قاسم عبده قاسم
٥١٠-	الأرملة الماكرة (مسرحية)	كارلو جولدونى	عبدالرازق عيد
٥١١-	كوكب مرقَّع (رواية)	آن تيلر	عبدالحميد فهمى الجمال
٥١٢-	كتابة النقد السينمائى	تيموثى كوريجان	جمال عبد الناصر
٥١٣-	العلم الجسور	تيد أنتون	مصطفى إبراهيم فهمى
٥١٤-	مدخل إلى النظرية الأدبية	چونثان كولر	مصطفى بيومى عبد السلام
٥١٥-	من التقليد إلى ما بعد الحداثة	فدوى مالطى دوجلاس	فدوى مالطى دوجلاس
٥١٦-	إرادة الإنسان فى علاج الإدمان	آرنولد واشنطون ودونا باوندى	صبرى محمد حسن
٥١٧-	نقش على الماء وقصص أخرى	نخبة	سمير عبد الحميد إبراهيم
٥١٨-	استكشاف الأرض والكون	إسحق عظيموف	هاشم أحمد محمد
٥١٩-	محاضرات فى المثالية الحديثة	جوزايا رويس	أحمد الأنصارى
٥٢٠-	الولع الفرنسى بمصر من الحلم إلى المشروع	أحمد يوسف	أمل الصبان
٥٢١-	قاموس تراجم مصر الحديثة	آرثر جولد سميث	عبدالوهاب بكر
٥٢٢-	إسبانيا فى تاريخها	أميركو كاسترو	على إبراهيم منوفى
٥٢٣-	الفن الطليطلى الإسلامى والمدجن	باسيليو بابون مالدونادو	على إبراهيم منوفى
٥٢٤-	الملك لير (مسرحية)	وليم شكسبير	محمد مصطفى بدوى
٥٢٥-	موسم صيد فى بيروت وقصص أخرى	دنيس جونسون	نادية رفعت
٥٢٦-	أقدم لك: السياسة البيئية	ستيفن كرول ووليم رانكين	محيى الدين مزيد
٥٢٧-	أقدم لك: كافكا	ديڤيد زين ميروفتس وروبرت كرمب	جمال الجزيرى
٥٢٨-	أقدم لك: تروتسكى والماركسية	طارق على وفِلْ إيڤانز	جمال الجزيرى
٥٢٩-	بدائع العلامة إقبال فى شعره الأردى	محمد إقبال	حازم محفوظ
٥٣٠-	مدخل عام إلى فهم النظريات التراثية	رينيه چينو	عمر الفاروق عمر

٥٣١-	ما الذى حَدَث فى «حَدَث» ١١ سبتمبر؟	جاك دريدا	صفاء فتحى
٥٣٢-	المغامرُ والمستشرق	هنرى لورنس	بشير السباعى
٥٣٣-	تعلُّم اللغة الثانية	سوزان جاس	محمد طارق الشرقاوى
٥٣٤-	الإسلاميون الجزائريون	سيڤرين لابا	حمادة إبراهيم
٥٣٥-	مخزن الأسرار (شعر)	نظامى الكنجوى	عبدالعزيز بقوش
٥٣٦-	الثقافات وقيم التقدم	صمويل هنتنجتون ولورانس هاريزون	شوقى جلال
٥٣٧-	للحب والحرية (شعر)	نخبة	عبدالغفار مكاوى
٥٣٨-	النفس والآخر فى قصص يوسف الشارونى	كيت دانيلر	محمد الحديدى
٥٣٩-	خمس مسرحيات قصيرة	كاريل تشرشل	محسن مصيلحى
٥٤٠-	توجهات بريطانية - شرقية	السير رونالد ستورس	رءوف عباس
٥٤١-	هى تتخيل وهلاوس أخرى	خوان خوسيه مياس	مروة رزق
٥٤٢-	قصص مختارة من الأدب اليونانى الحديث	نخبة	نعيم عطية
٥٤٣-	أقدم لك: السياسة الأمريكية	باتريك بروجان وكريس جرات	وفاء عبدالقادر
٥٤٤-	أقدم لك: ميلانى كلاين	روبرت هنشل وآخرون	حمدى الجابرى
٥٤٥-	يا له من سباق محموم	فرانسيس كريك	عزت عامر
٥٤٦-	ريموس	ت. ب. وايزمان	توفيق على منصور
٥٤٧-	أقدم لك: بارت	فيليب تودى وآن كورس	جمال الجزيرى
٥٤٨-	أقدم لك: علم الاجتماع	ريتشارد أوزبرن وبورن فان لون	حمدى الجابرى
٥٤٩-	أقدم لك: علم العلامات	بول كوبلى وليتاجانز	جمال الجزيرى
٥٥٠-	أقدم لك: شكسبير	نيك جروم وبيرو	حمدى الجابرى
٥٥١-	الموسيقى والعولمة	سايمون ماندى	سمحة الخولى
٥٥٢-	قصص مثالية	ميجيل دى ثربانتس	على عبد الرءوف البمبى
٥٥٣-	مدخل للشعر الفرنسى الحديث والمعاصر	دانيال لوفرس	رجاء ياقوت
٥٥٤-	مصر فى عهد محمد على	عفاف لطفى السيد مارسوه	عبدالسميع عمر زين الدين
٥٥٥-	الإستراتيجية الأمريكية للقرن الحادى والعشرين	أناتولى أوتكين	أنور محمد إبراهيم ومحمد نصرالدين الجبالى
٥٥٦-	أقدم لك: جان بودريار	كريس هوروكس وزوران جيفتك	حمدى الجابرى
٥٥٧-	أقدم لك: الماركيز دى ساد	ستوارت هود وجراهام كرولى	إمام عبدالفتاح إمام
٥٥٨-	أقدم لك: الدراسات الثقافية	زيودين ساردار وبورين ڤان لون	إمام عبدالفتاح إمام
٥٥٩-	الماس الزائف (رواية)	تشا تشاجى	عبدالحى أحمد سالم
٥٦٠-	صلصلة الجرس (شعر)	محمد إقبال	جلال السعيد الحفناوى
٥٦١-	جناح جبريل (شعر)	محمد إقبال	جلال السعيد الحفناوى
٥٦٢-	بلايين وبلايين	كارل ساجان	عزت عامر
٥٦٣-	ورود الخريف (مسرحية)	خاثينتو بينابينتى	صبرى محمدى التهامى
٥٦٤-	عُش الغريب (مسرحية)	خاثينتو بينابينتى	صبرى محمدى التهامى
٥٦٥-	الشرق الأوسط المعاصر	ديبورا ج. جيرنر	أحمد عبدالحميد أحمد
٥٦٦-	تاريخ أوروبا فى العصور الوسطى	موريس بيشوب	على السيد على
٥٦٧-	الوطن المغتصب	مايكل رايس	إبراهيم سلامة إبراهيم
٥٦٨-	الأصولى فى الرواية	عبد السلام حيدر	عبد السلام حيدر

٥٦٩- موقع الثقافة	هومى بابا	ثائر ديب
٥٧٠- دول الخليج الفارسى	سير روبرت هاى	يوسف الشارونى
٥٧١- تاريخ النقد الإسبانى المعاصر	إيميليا دى ثوليتا	السيد عبد الظاهر
٥٧٢- الطب فى زمن الفراعنة	برونو أليوا	كمال السيد
٥٧٣- أقدم لك: فرويد	ريتشارد ابيجنانس وأسكار زارتى	جمال الجزيرى
٥٧٤- مصر القديمة فى عيون الإيرانيين	حسن بيرنيا	علاء الدين السباعى
٥٧٥- الاقتصاد السياسى للعولمة	نجير وودز	أحمد محمود
٥٧٦- فكر ثربانتس	أمريكو كاسترو	ناهد العشرى محمد
٥٧٧- مغامرات بينوكيو	كارلو كولودى	محمد قدرى عمارة
٥٧٨- الجماليات عند كيتس وهنت	أيومى ميزوكوشى	محمد إبراهيم وعصام عبد الرءوف
٥٧٩- أقدم لك: تشومسكى	چون ماهر وچودى جرونز	محيى الدين مزيد
٥٨٠- دائرة المعارف الدولية (مج١)	چون فيزر وپول سيترجز	بإشراف: محمد فتحى عبدالهادى
٥٨١- الحمقى يموتون (رواية)	ماريو بوزو	سليم عبد الأمير حمدان
٥٨٢- مرايا على الذات (رواية)	هوشنك كلشيرى	سليم عبد الأمير حمدان
٥٨٣- الجيران (رواية)	أحمد محمود	سليم عبد الأمير حمدان
٥٨٤- سفر (رواية)	محمود دولت آبادى	سليم عبد الأمير حمدان
٥٨٥- الأمير احتجاب (رواية)	هوشنك كلشيرى	سليم عبد الأمير حمدان
٥٨٦- السينما العربية والأفريقية	ليزبيث مالكموس وروى آرمز	سهام عبد السلام
٥٨٧- تاريخ تطور الفكر الصينى	مجموعة من المؤلفين	عبدالعزيز حمدى
٥٨٨- أمنحوتپ الثالث	أنييس كابرول	ماهر جويجاتى
٥٨٩- تمبكت العجيبة	فيلكس ديبوا	عبدالله عبدالرازق إبراهيم
٥٩٠- أساطير من الموروثات الشعبية الفنلندية	نخبة	محمود مهدى عبدالله
٥٩١- الشاعر والمفكر	هوراتيوس	على عبدالتواب على وصلاح رمضان السيد
٥٩٢- الثورة المصرية (جـ١)	محمد صبرى السوربونى	مجدى عبدالحافظ وعلى كورخان
٥٩٣- قصائد ساحرة	پول ڤاليرى	بكر الحلو
٥٩٤- القلب السمين (قصة أطفال)	سوزانا تامارو	أمانى فوزى
٥٩٥- الحكم والسياسة فى أفريقيا (جـ٢)	إكوادو بانولى	مجموعة من المترجمين
٥٩٦- الصحة العقلية فى العالم	روبرت ديجارليه وآخرون	إيهاب عبدالرحيم محمد
٥٩٧- مسلمو غرناطة	خوليو كاروباروخا	جمال عبدالرحمن
٥٩٨- مصر وكنعان وإسرائيل	دونالد ريدفورد	بيومى على قنديل
٥٩٩- فلسفة الشرق	هرداد مهرين	محمود علاوى
٦٠٠- الإسلام فى التاريخ	برنارد لويس	مدحت طه
٦٠١- النسوية والمواطنة	ريان ڤوت	أيمن بكر وسمر الشيشكلى
٦٠٢- ليوتار: نحو فلسفة ما بعد حداثية	چيمس وليامز	إيمان عبدالعزيز
٦٠٣- النقد الثقافى	آرثر أيزابرجر	وفاء إبراهيم ورمضان بسطاويسى
٦٠٤- الكوارث الطبيعية (مج١)	پاتريك ل. آبوت	توفيق على منصور
٦٠٥- مخاطر كوكبنا المضطرب	إرنست زيبروسكى (الصغير)	مصطفى إبراهيم فهمى
٦٠٦- قصة البردى اليونانى فى مصر	ريتشارد هاريس	محمود إبراهيم السعدنى
٦٠٧- قلب الجزيرة العربية (جـ١)	هارى سينت فيلبى	صبرى محمد حسن
٦٠٨- قلب الجزيرة العربية (جـ٢)	هارى سينت فيلبى	صبرى محمد حسن

٦٠٩- الانتخاب الثقافى	أجنر فوج	شوقى جلال
٦١٠- العمارة المدجنة	رفائيل لوبث جوثمان	على إبراهيم منوفى
٦١١- النقد والأيديولوچية	تيرى إيجلتون	فخرى صالح
٦١٢- رسالة النفسية	فضل الله بن حامد الحسينى	محمد محمد يونس
٦١٣- السياحة والسياسة	كولن مايكل هول	محمد فريد حجاب
٦١٤- بيت الأقصر الكبير(رواية)	فوزية أسعد	منى قطان
٦١٥- عرض الأحداث التى وقعت فى بغداد من ١٩٩٧ إلى ١٩٩٩	أليس بسيرينى	محمد رفعت عواد
٦١٦- أساطير بيضاء	روبرت يانج	أحمد محمود
٦١٧- الفولكلور والبحر	هوراس بيك	أحمد محمود
٦١٨- نحو مفهوم لاقتصاديات الصحة	تشارلز فيليبس	جلال البنا
٦١٩- مفاتيح أورشليم القدس	ريمون استانبولى	عايدة الباجورى
٦٢٠- السلام الصليبى	توماش ماستناك	بشير السباعى
٦٢١- رباعيات الخيام (ميراث الترجمة)	عمر الخيام	محمد السباعى
٦٢٢- أشعار من عالم اسمه الصين	أى تشينغ	أمير نبيه وعبدالرحمن حجازى
٦٢٣- نوادر جحا الإيرانى	سعيد قانعى	يوسف عبدالفتاح
٦٢٤- شعر المرأة الأفريقية	نخبة	غادة الحلوانى
٦٢٥- الجرح السرى	چان چينيه	محمد برادة
٦٢٦- مختارات شعرية مترجمة (جـ٢)	نخبة	توفيق على منصور
٦٢٧- حكايات إيرانية	نخبة	عبدالوهاب علوب
٦٢٨- أصل الأنواع	تشارلس داروين	مجدى محمود المليجى
٦٢٩- قرن آخر من الهيمنة الأمريكية	نيقولاس جويات	عزة الخميسى
٦٣٠- سيرتى الذاتية	أحمد بللو	صبرى محمد حسن
٦٣١- مختارات من الشعر الأفريقى المعاصر	نخبة	بإشراف: حسن طلب
٦٣٢- المسلمون واليهود فى مملكة فالنسيا	دولورس برامون	رانيا محمد
٦٣٣- الحب وفنونه (شعر)	نخبة	حمادة إبراهيم
٦٣٤- مكتبة الإسكندرية	روى ماكلويد وإسماعيل سراج الدين	مصطفى البهنساوى
٦٣٥- التثبيت والتكيف فى مصر	جودة عبد الخالق	سمير كريم
٦٣٦- حج يولندة	جناب شهاب الدين	سامية محمد جلال
٦٣٧- مصر الخديوية	ف. روبرت هنتر	بدر الرفاعى
٦٣٨- الديمقراطية والشعر	روبرت بن وارين	فؤاد عبد المطلب
٦٣٩- فندق الأرق (شعر)	تشارلز سيميك	أحمد شافعى
٦٤٠- ألكسياد	الأميرة أنّاكومنينا	حسن حبشى
٦٤١- برتراند رسل (مختارات)	برتراند رسل	محمد قدرى عمارة
٦٤٢- أقدم لك: داروين والتطور	چوناثان ميلر وبورين ڤان لون	ممدوح عبد المنعم
٦٤٣- سفرنامه حجاز (شعر)	عبد الماجد الدريابادى	سمير عبدالحميد إبراهيم
٦٤٤- العلوم عند المسلمين	هوارد د.تيرنر	فتح الله الشيخ
٦٤٥- السياسة الخارجية الأمريكية ومصادرها الداخلية	تشارلز كجلى ويوچين ويتكوف	عبد الوهاب علوب
٦٤٦- قصة الثورة الإيرانية	سپهر ذبيح	عبد الوهاب علوب

٦٤٧- رسائل من مصر	چون نينيه	فتحى العشرى
٦٤٨- بورخيس	بياتريث سارلو	خليل كلفت
٦٤٩- الخوف وقصص خرافية أخرى	چى دى موپاسان	سحر يوسف
٦٥٠- الدولة والسلطة والسياسة فى الشرق الأوسط	روچر أوين	عبد الوهاب علوب
٦٥١- ديليسبس الذى لا نعرفه	وثائق قديمة	أمل الصبان
٦٥٢- آلهة مصر القديمة	كلود ترونكر	حسن نصر الدين
٦٥٣- مدرسة الطغاة (مسرحية)	إيريش كستنر	سمير جريس
٦٥٤- أساطير شعبية من أوزبكستان (جـ١)	نصوص قديمة	عبد الرحمن الخميسى
٦٥٥- أساطير وآلهة	إيزابيل فرانكو	حليم طوسون ومحمود ماهر طه
٦٥٦- خبز الشعب والأرض الحمراء (مسرحيتان)	ألفونسو ساسترى	ممدوح البستاوى
٦٥٧- محاكم التفتيش والموريسكيون	مرثيديس غارثيا أرينال	خالد عباس
٦٥٨- حوارات مع خوان رامون خيمينيث	خوان رامون خيمينيث	صبرى التهامى
٦٥٩- قصائد من إسبانيا وأمريكا اللاتينية	نخبة	عبداللطيف عبدالحليم
٦٦٠- نافذة على أحدث العلوم	ريتشارد فايفيلد	هاشم أحمد محمد
٦٦١- روائع أندلسية إسلامية	نخبة	صبرى التهامى
٦٦٢- رحلة إلى الجنور	داسو سالديبار	صبرى التهامى
٦٦٣- امرأة عادية	ليوسيل كليفتون	أحمد شافعى
٦٦٤- الرجل على الشاشة	ستيفن كوهان وإنا راى هارك	عصام زكريا
٦٦٥- عوالم أخرى	پول داڤيز	هاشم أحمد محمد
٦٦٦- تطور الصورة الشعرية عند شكسبير	وولفجانج اتش كليمن	جمال عبد الناصر ومدحت الجيار وجمال جاد الرب
٦٦٧- الأزمة القادمة لعلم الاجتماع الغربى	ألڤن جولدنر	على ليلة
٦٦٨- ثقافات العولمة	فريدريك چيمسون وماساو ميوشى	ليلى الجبالى
٦٦٩- ثلاث مسرحيات	وول شوينكا	نسيم مجلى
٦٧٠- أشعار جوستاف أدولفو	جوستاف أدولفو بكر	ماهر البطوطى
٦٧١- قل لى كم مضى على رحيل القطار؟	چيمس بولدوين	على عبدالأمير صالح
٦٧٢- مختارات من الشعر الفرنسى للأطفال	نخبة	إبتهال سالم
٦٧٣- ضرب الكليم (شعر)	محمد إقبال	جلال الحفناوى
٦٧٤- ديوان الإمام الخمينى	آية الله العظمى الخمينى	محمد علاء الدين منصور
٦٧٥- أثينا السوداء (جـ٢، مج١)	مارتن برنال	بإشراف: محمود إبراهيم السعدنى
٦٧٦- أثينا السوداء (جـ٢، مج٢)	مارتن برنال	بإشراف: محمود إبراهيم السعدنى
٦٧٧- تاريخ الأدب فى إيران (جـ١ ، مج١)	إدوارد جرانڤيل براون	أحمد كمال الدين حلمى
٦٧٨- تاريخ الأدب فى إيران (جـ١ ، مج٢)	إدوارد جرانڤيل براون	أحمد كمال الدين حلمى
٦٧٩- مختارات شعرية مترجمة (جـ٣)	وليام شكسبير	توفيق على منصور
٦٨٠- المدينة الفاضلة (ميراث الترجمة)	كارل ل. بيكر	محمد شفيق غربال
٦٨١- هل يوجد نص فى هذا الفصل؟	ستانلى فش	أحمد الشيمى
٦٨٢- نجوم حظر التجوال الجديد (رواية)	بن أوكرى	صبرى محمد حسن
٦٨٣- سكين واحد لكل رجل (رواية)	تى. م. ألوكو	صبرى محمد حسن
٦٨٤- الأعمال القصصية الكاملة (أنا كندا) (جـ١)	أوراثيو كيروجا	رزق أحمد بهنسى

٦٨٥-	الأعمال القصصية الكاملة (الصحراء) (جـ٢)	أوراثيو كيروجا	رزق أحمد بهنسى
٦٨٦-	امرأة محاربة (رواية)	ماكسين هونج كنجستون	سحر توفيق
٦٨٧-	محبوبة (رواية)	فتانة حاج سيد جوادى	ماجدة العنانى
٦٨٨-	الانفجارات الثلاثة العظمى	فيليب م. دوبر وريتشارد أ. موار	فتح الله الشيخ وأحمد السماحى
٦٨٩-	الملف (مسرحية)	تادووش روجيفيتش	هناء عبد الفتاح
٦٩٠-	محاكم التفتيش فى فرنسا	(مختارات)	رمسيس عوض
٦٩١-	ألبرت أينشتين: حياته وغرامياته	(مختارات)	رمسيس عوض
٦٩٢-	أقدم لك: الوجودية	ريتشارد أبيجانسى وأوسكار زاريت	حمدى الجابرى
٦٩٣-	أقدم لك: القتل الجماعى (المحرقة)	حائيم برشيت وآخرون	جمال الجزيرى
٦٩٤-	أقدم لك: دريدا	چيف كولينز وبيل مايبلين	حمدى الجابرى
٦٩٥-	أقدم لك: رسل	ديف روبنسون وچودى جروف	إمام عبدالفتاح إمام
٦٩٦-	أقدم لك: روسو	ديف روبنسون وأوسكار زاريت	إمام عبدالفتاح إمام
٦٩٧-	أقدم لك: أرسطو	روبرت ودفين وچودى جروفس	إمام عبدالفتاح إمام
٦٩٨-	أقدم لك: عصر التنوير	ليود سبنسر وأندرزيجى كروز	إمام عبدالفتاح إمام
٦٩٩-	أقدم لك: التحليل النفسى	إيڤان وارد وأوسكار زارايت	جمال الجزيرى
٧٠٠-	الكاتب وواقعه	ماريو بارجاس يوسا	بسمة عبدالرحمن
٧٠١-	الذاكرة والحداثة	وليم رود ڤيڤيان	منى البرنس
٧٠٢-	مدونة جوستنيان فى الفقه الرومانى (ميراث الترجمة)	چوستينيان	عبد العزيز فهمى
٧٠٣-	تاريخ الأدب فى إيران (جـ٢)	إدوارد جرانڤيل براون	أمين الشواربى
٧٠٤-	فيه ما فيه	مولانا جلال الدين الرومى	محمد علاء الدين منصور وآخرون
٧٠٥-	فضل الأنام من رسائل حجة الإسلام	الإمام الغزالى	عبدالحميد مدكور
٧٠٦-	الشفرة الوراثية وكتاب التحولات	چونسون ف. يان	عزت عامر
٧٠٧-	أقدم لك: ڤالتر بنيامين	هوارد كاليجل وآخرون	وفاء عبدالقادر
٧٠٨-	فراعنة من؟	دونالد مالكولم ريد	رءوف عباس
٧٠٩-	معنى الحياة	ألفريد آدلر	عادل نجيب بشرى
٧١٠-	الأطفال والتكنولوچيا والثقافة	إيان هاتشباى وجوموران - إليس	دعاء محمد الخطيب
٧١١-	درة التاج	ميرزا محمد هادى رسوا	هناء عبد الفتاح
٧١٢-	الإلياذة (جـ١) (ميراث الترجمة)	هوميروس	سليمان البستانى
٧١٣-	الإلياذة (جـ٢) (ميراث الترجمة)	هوميروس	سليمان البستانى
٧١٤-	حديث القلوب (ميراث الترجمة)	لامنيه	حنا صاوه
٧١٥-	سر تقدم الإنكليز السكسونيين (ميراث الترجمة)	إدمون ديمولان	أحمد فتحى زغلول
٧١٦-	جامعة كل المعارف (جـ٢)	مجموعة من المؤلفين	نخبة من المترجمين
٧١٧-	جامعة كل المعارف (جـ٣)	مجموعة من المؤلفين	نخبة من المترجمين
٧١٨-	جامعة كل المعارف (جـ٥)	مجموعة من المؤلفين	نخبة من المترجمين

طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

رقم الإيداع ٢٠٠٦/٣١٦١